DISPENSA N°. 1

CORSO DI TECNICA DELLE

TELECOMUNICAZIONI

IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA

ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 1

CORSO DI TECNICA DELLE
TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA | **Dispensa N. 1**

INTRODUZIONE

Voi incominciate oggi lo studio delle *Telecomunicazioni*, cioè della scienza che insegna a comunicare a distanza. Questa scienza è molto vecchia, ma fino al secolo scorso si è giovata di mezzi molto semplici. Ci si comunicava le notizie a distanza a mezzo di trombe o di fuochi e in seguito con altri mezzi che sfruttavano le proprietà del suono e della luce. Solo con la conoscenza dei principi fondamentali dell'Elettricità e delle sue applicazioni, fu possibile sviluppare la tecnica delle comunicazioni a distanza in modo molto rapido. Con poche decine di anni di sviluppo si è arrivati al punto attuale: essa è uno dei più grandi aiuti dell'umanità. Non sarebbe più possibile concepire la vita moderna senza di essa.

Il campo di attività delle Telecomunicazioni è estremamente vasto: si estende dal campanello di casa all'SOS di una nave nell'oceano, dal telegrafo Morse alle telescriventi, al telefono, alla radio e alla televisione. Il telefono e il telegrafo con e senza fili, la radio e le cento altre tecniche legate alle comunicazioni vanno sempre più estendendosi, sfruttando le forze di elementi esperti. Migliaia e migliaia di tecnici trovano il loro lavoro in questo campo e c'è posto per altre migliaia di buoni specialisti.

È vero che lo sviluppo delle comunicazioni offre buone possibilità a chi lavora in questo campo, ma è anche necessario che chi lavora possegga delle buone cognizioni nel suo ramo. Per quanto l'abilità manuale possa essere importante, la sola pratica non basta: la comprensione dei fenomeni e la conoscenza delle loro relazioni sono i fondamenti indispensabili per il miglioramento delle condizioni e del lavoro del tecnico.

Voi imparerete questa scienza con il nostro corso di Tecnica delle Telecomunicazioni, la cui prima Dispensa è ora tra le vostre mani, e vi accorgerete del piacere che vi darà il sapere. Imparerete a conoscere tutti i segreti, *studierete* tutta la materia con l'aiuto di queste dispense, che, diventate vostre, saranno da voi consultate come un maestro. Vi formerete in questa materia un'istruzione che vi permetterà di rispondere esattamente a qualunque domanda vi verrà rivolta in proposito.

> La successione degli argomenti è stata attentamente studiata, in modo che voi possiate comprendere il corso e seguirlo con attenzione. Vi preghiamo di lavorare con molta cura, di non saltare nulla e di essere fedeli ai nostri consigli e ai nostri suggerimenti. Così avrete il massimo vantaggio dal vostro studio.
>
> Può darsi che, nella prima Dispensa, vi sembri di conoscere già la materia; perlomeno vi parrà di sapere già molte cose in proposito. Vi preghiamo però di non prendere mai le cose con leggerezza e di ricordarvi sempre che i *fondamenti sono la parte più importante per* la comprensione di quello che verrà dopo e per la riuscita nello studio degli argomenti più difficili, che verranno in seguito. È molto meglio dedicarsi con attenzione allo studio delle cognizioni fondamentali, piuttosto che scorrerle superficialmente; di ciò avreste infatti presto a pentirvi. Ed ora incominciamo.

DISPOSITIVI DI SEGNALAZIONE

Cominciamo con un esperimento, che per la scienza delle comunicazioni ha una importanza fondamentale. Ci verrà in aiuto l'« elettricità », questa straordinaria forza, il cui segreto non è ancora stato scoperto. Ci costruiremo un *elettromagnete*.

Che cosa è un elettromagnete

Pensate per un momento di aver avvolto, intorno a una sbarretta di ferro, del filo di rame isolato, del comune filo da campanelli (fig. 1). Colleghiamo ora i due estremi del filo a una sorgente di elettricità, una pila da

lampadina tascabile o un piccolo accumulatore, e interrompiamo il collegamento con un pulsante da campanello (fig. 2).

(Vi spiegheremo in seguito che cosa sono le pile e gli accumulatori).

Premete ora il pulsante. Un elettrotecnico vi dirà che voi avete « chiuso il circuito elettrico ». Con la chiusura del circuito, in questo caso premendo sul pulsante, voi date all'elettricità prodotta nella pila la possibilità di percorrere i fili e l'avvolgimento.

« Che cosa è successo? » vi domanderete voi. A prima vista non è successo nulla. Proprio nulla? Avete notato che nella fig. 2, sotto alla sbarretta di ferro circondata dall'avvolgimento di filo di rame, c'era un pezzetto di ferro? E allora guardate attentamente e vedrete che nell'istante in cui voi premete il pulsante e chiudete il circuito, il pezzetto di ferro salta e si attacca alla sbarretta (fig. 3). Il pezzetto di ferro viene attirato.

La sbarretta di ferro circondata dall'avvolgimento di filo di rame è diventata improvvisamente magnetizzata. Ricaviamo da ciò il seguente insegnamento:

Se si circonda una sbaretta di ferro con un avvolgimento di filo di rame isolato e si collegano i due terminali a una pila, il ferro si magnetizza. In tale stato il ferro può attirare altri pezzi di ferro. Noi abbiamo fabbricato un *elettromagnete*.

La corrente elettrica rende magnetico il ferro. Chiameremo questo fenomeno *elettromagnetismo.*

Conoscerete certamente le calamite che hanno la forma di un ferro di cavallo. Esse differiscono dagli elettromagneti, perchè le calamite sono sempre magnetizzate. Negli elettromagneti, per magnetizzare il ferro bisogna ogni volta chiamare in aiuto la corrente elettrica. Invece le calamite sono sempre magnetizzate; si chiamano « magneti permanenti ».

Noi abbiamo immaginato di costruire un elettromagnete veramente in modo piuttosto sommario. In realtà un elettromagnete viene costruito con maggior cura. Il filo di rame non viene avvolto direttamente sul ferro, ma su una bobina fatta di materiale isolante, per esempio di legno; essa è molto simile ai rocchetti di filo da cucire. Sulla bobina viene avvolto il filo, una spira accanto all'altra e poi uno strato sull'altro, ben ordinato, finchè si è riempita la bobina (fig. 4).

Un elettromagnete si fabbrica con una sbarra di ferro dolce una bobina e del filo metallico

Per il nucleo di ferro di un elettromagnete, si prende di solito il così detto « ferro dolce ». Un po' più in là vi spiegheremo che cosa è il « ferro dolce » e perchè si sceglie proprio questa qualità di ferro. Per adesso limitiamoci al fatto e rimandiamo la spiegazione.

E ora vi domanderete: che cosa ce ne facciamo dell'elettromagnete che abbiamo fabbricato? come potremo impiegarlo?

Eccovi subito un'applicazione.

Il campanello elettrico

Tutti sapete, almeno in pratica, che cosa è un campanello elettrico. Andate per esempio a trovare un vostro amico; troverete la porta della sua casa chiusa. Accanto alla porta trovate un piccolo bottone e basterà che voi premiate il bottone; il campanello nell'interno suonerà e il vostro amico saprà che c'è qualcuno davanti alla sua porta e verrà ad aprire. Una cosa molto semplice e molto pratica. Per costruire un *campanello elettrico* abbiamo bisogno di un elettromagnete.

È possibile costruire un campanello elettrico solo se si dispone di un elettromagnete. La conoscenza del funzionamento e della costruzione di un elettromagnete è la premessa per la costruzione di un campanello elettrico.

Vediamo ora, come si costruisce un campanello elettrico. Sappiamo già come è fatto un elettromagnete, indicato nella fig. 5 con *EM*. L'elettromagnete *EM* è collegato con una sorgente di elettricità *B* e il collegamento è interrotto dal pulsante *K*. Davanti al nucleo dell'elettromagnete, a una certa distanza, si trova un pezzo di ferro *E* fissato a un sostegno nel punto *M* a mezzo di una molla F_1. Il pezzo di ferro *E* può dunque muoversi, avvicinandosi e allontanandosi dal nucleo, come è indicato dalla doppia freccia.

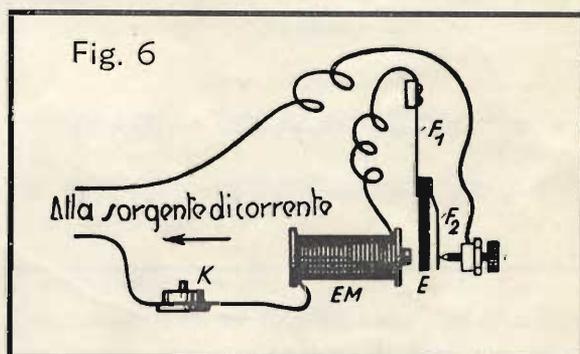
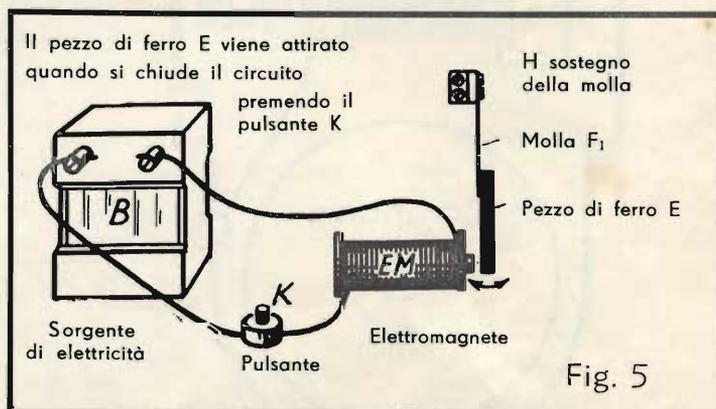
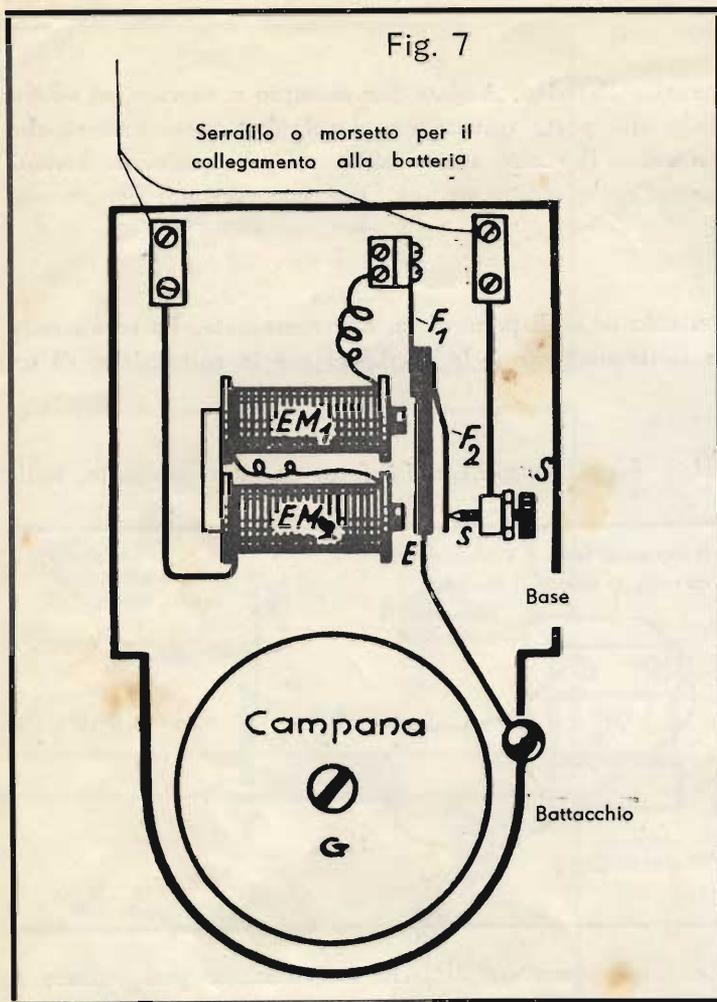
Fig. 5

Premiamo sul pulsante *K*, in modo da chiudere il circuito elettrico; la corrente circola nei fili e nell'avvolgimento dell'elettromagnete e il nucleo di questa diventa *magnetico*. Questo lo sappiamo già. Però avviene qualche cosa d'altro. Sapete pure che una sbarretta di ferro magnetizzato può attirare a sè dei piccoli pezzi di ferro. Infatti l'elettromagnete attira il ferro *E*, il quale resta attaccato al nucleo dell'elettromagnete finchè voi premete sul pulsante *K*. Abbandonato il pulsante si interrompe il circuito elettrico; di conseguenza il nucleo dell'elettromagnete perde la proprietà di attirare il ferro e il ferro E viene riportato dalla molla nella posizione di prima. Questo movimento del ferro *E* avviene ogni volta che si preme il pulsante e che lo si lascia libero. Il dispositivo da noi ora costruito non è ancora un campanello elettrico: per arrivarci dobbiamo fare ancora un passo avanti.

Fig. 6

Fissiamo al ferro *E* una seconda molla F_2, come si vede nella fig. 6. Sulla molla appoggia la punta di una vite *S*, che si chiama vite di contatto. Cambiamo anche il collegamento dei fili alla pila. Il filo che esce dall'elettromagnete non colleghiamolo più con la batteria direttamente, ma con la molla F_2; congiungiamo invece la vite di contatto *S* con la batteria. L'altro filo che va dalla batteria all'elettromagnete resta collegato come prima.

Che cosa avviene ora, quando si preme sul pulsante *K*?

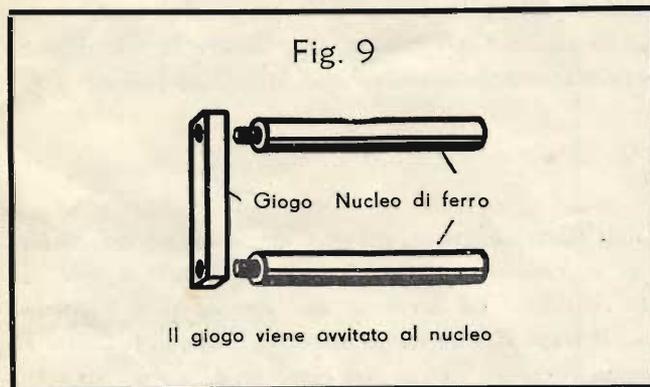
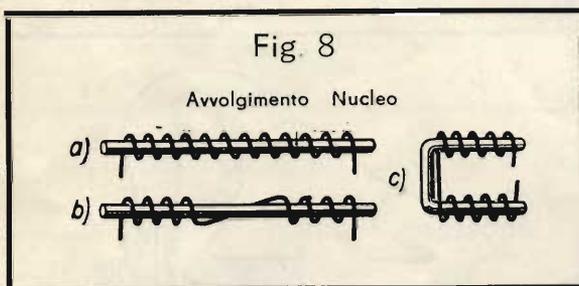
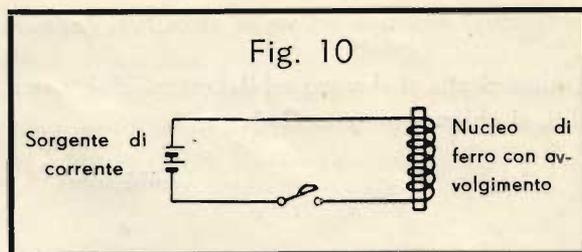
Il circuito si chiude e la corrente percorre l'avvolgimento dell'elettromagnete, magnetizzando il nucleo di ferro, che attira il pezzo di ferro *E*. Però nell'istante in cui *E* si muove per avvicinarsi all'elettromagnete, la molla F_2 si stacca dalla vite di contatto S, interrompendo la corrente. La corrente non circola più, il nucleo dell'elettromagnete perde il suo magnetismo e non attira più il ferro *E*, che torna indietro. Appena la molla F_2 torna a contatto della vite S, il circuito si chiude di nuovo; la corrente circola nel circuito, il nucleo di ferro

diventa nuovamente magnetico e attira di nuovo il ferro *E*. E avviene ancora che, appena *E* si è allontanato dalla vite di contatto, il circuito si interrompe. Il nucleo diventa ancora una volta non magnetico, il ferro *E* ritorna indietro e chiude il circuito un'altra volta e così via. Finchè il pulsante *K* resta premuto, il ferro *E* va avanti e indietro tra il nucleo dell'elettromagnete e la vite di contatto, aprendo e chiudendo successivamente il circuito. Questo è tutto il « segreto » del campanello elettrico.

La fig. 7 rappresenta un campanello elettrico nella sua forma abituale. In essa voi vedete due elettromagneti EM_1, EM_2. Questa è l'unica differenza rispetto alla fig. 6, oltre la pallina attaccata ad *E* e la campana, che è applicata sullo stesso supporto del dispositivo elettrico.

Abbiamo parlato un momento fa di *due* elettromagneti. In realtà le due bobine della fig. 7 sono infilate su un unico nucleo di ferro. Il nucleo possiede due bobine, ma anche le due bobine possono essere immaginate come una unica bobina, nel modo che vi è indicato nella fig. 8.

La fig. 8-a rappresenta una lunga barra di ferro con il suo avvolgimento. Se dal centro allontaniamo le spire spingendole verso le due estremità, otteniamo un nucleo di ferro che nel centro non ha avvolgimento (fig. 8-b). Il « comportamento elettrico » del dispositivo non è cambiato. Il nucleo di ferro diventa magnetico, quando inviamo la corrente nel circuito, sia che l'avvolgimento è della forma 8-a oppure 8-b. Se pieghiamo la sbarra di ferro in forma di U, secondo la fig. 8-c, otteniamo l'elettromagnete impiegato nel campanello elettrico della fig. 7.

Il campanello elettrico funziona anche con un elettromagnete diritto e non è necessario che l'elettromagnete abbia la forma di U. Nella costruzione di un elettromagnete a forma di U non è necessario di impiegare *un unico* pezzo di ferro per fare il nucleo; esso può essere costruito come è indicato nella fig. 9 con tre pezzi di ferro collegati insieme. Il pezzo che collega insieme i due nuclei si chiama giogo. Nella fig. 8 abbiamo fatto uso per la prima volta di una rappesentazione schematica. Tale rappresentazione non semplifica solamente il disegno nella sua esecuzione, ma lo rende più chiaro e ciò è più importante. Per esempio, nella fig. 8 è possibile riconoscere il senso dell'avvolgimento, cosa che non era possibile nella fig. 6.

Il tecnico preferisce il disegno schematico per la sua chiarezza. Chiunque abbia da fare con tali disegni di circuiti o « schemi », come vengono comunemente chiamati, può comprendere anche un semplice schizzo fatto a mano libera, se si è stabilito il significato da dare ai singoli segni. Si è stabilito una volta per tutte, come debbano essere rappresentate le differenti parti di un circuito. Nella fig. 10 vi diamo un disegno schematico

del dispositivo rappresentato nella fig. 2. Vogliamo confrontare insieme i due disegni? Vedete subito come il disegno è diventato più chiaro. Il segno del pulsante fa subito capire che si tratta di una interruzione del circuito che si può facilmente chiudere. Si vede anche subito che gli avvolgimenti sono intorno a un nucleo di ferro. Non potete ancora comprendere il significato del segno che corrisponde alla batteria (sorgente di elettricità); ritorneremo su questo in una delle prossime dispense. In generale questi segni si chiamano *simboli.*

Prima di andare avanti, rispondete da soli alle domande che vengono qui sotto. Nel corso di queste dispense troverete frequentemente domande ed esercizi. Prendete un quaderno, in cui scriverete le risposte alle domande prima di andare a vedere le risposte. Siete così in grado di vedere, se avete risposto giusto e potrete correggere le vostre risposte da soli; farete contemporaneamente la parte dello scolaro e quella del maestro.

Domande.

1. In che modo si può magnetizzare una sbarra di ferro?
2. Esponete rapidamente la costruzione e il funzionamento di un campanello elettrico.
3. Di quali parti è formato un impianto di suoneria elettrico?

MATEMATICA

Non vi spaventa un po' questo titolo? Se, invece di scrivere Matematica, noi avessimo scritto: « Far di conto », non vi sareste spaventati. La matematica che vi insegneremo in queste pagine, vi metterà in grado di fare dei facili calcoli. Dapprima vi richiameremo alla memoria quello che già sapete dalle scuole e in seguito andremo avanti per quello che vi è necessario per il vostro studio.

Senza un po' di calcolo non si va avanti. Ad ogni passo nella tecnica voi vi incontrerete con formule e con numeri! Alla base di ogni progetto di costruzione stanno i calcoli, la matematica. In ogni libro o in ogni rivista di elettrotecnica voi troverete numeri e formule. E proprio a causa di tali formule e tali numeri, questi libri vengono guardati con terrore e si dice: « Non fa per me, è troppo elevato ».

Questo è successo a molti giovani anche capaci, perchè essi avevano creduto di poter andare avanti senza le conoscenze fondamentali della matematica. Eppure non c'è nulla di difficile, come potrebbe sembrarvi a prima vista.

Voi dovete cercare di comprendere bene e noi vogliamo aiutarvi su questa strada. Noi vogliamo battere nel dominio della matematica una nuova strada, come del resto nelle altre parti di questo corso. Noi vogliamo insegnarvi la matematica in una maniera semplice e chiara e non metteremo mai a dura prova la vostra pazienza con lunghi discorsi e con noiosi esercizi. A noi interessa solo di introdurvi in modo da poter presto utilizzare le vostre conoscenze matematiche per i nostri scopi tecnici.

Seguiteci con grande attenzione! Anche se in principio le cose vi sembrano molto facili, non saltate nulla. Non siate troppo superbi e risolvete gli esercizi proposti, anche se da principio vi sembrano troppo semplici. Noi ve li mettiamo davanti, perchè vi diventino chiare anche quelle cose che prima vi potevano sembrare degli indovinelli.

1. Addizione e sottrazione

Le due operazioni di impiego più frequente sono l'*addizione* e la *sottrazione*. Come si fa l'addizione e la

sottrazione dei numeri ve lo ricordate dalle scuole e dalla vita di tutti i giorni. Per esempio, $4 + 5 = 9$.

I numeri che si devono addizionare, cioè i numeri 4 e 5 si chiamano addendi, il numero che si ottiene, cioè il 9, si chiama somma. Così:

(addendo)	+	(addendo)	=	(somma)
4	+	5	=	9

Il segno + tra il numero 4 e il numero 5 si legge: più; il segno = si legge: uguale. Diremo dunque: quattro più cinque uguale nove.

Ora un esempio di sottrazione: $8 - 2 = 6$. Il primo numero 8 si chiama minuendo, il secondo numero 2 il sottraendo e il risultato 6 la differenza. Il segno — si legge meno. Duque:

8	—	2	=	6
(minuendo)	—	(sottraendo)	=	(differenza o resto)
otto	meno	due	uguale	sei

Sull'addizione e sottrazione dei numeri avete fatto nelle scuole molti esercizi e non vogliamo fermarci di più. Nei calcoli tecnici avviene spesso che non si debba fare operazioni su numeri determinati (2, 3, 4 ecc.), ma con grandezze che verranno precisate, quando il calcolo verrà eseguito in casi particolari. Allora non si può calcolare con i numeri direttamente, ma bisogna impiegare le parole o delle abbreviazioni di parole, cioè delle lettere.

Come esempio considerate la seguente regola: per trovare la lunghezza della circonferenza bisogna moltiplicare per 3,14 il diametro del cerchio. La formula per il calcolo della circonferenza di un cerchio si scrive:

$$\text{Circonferenza} = 3{,}14 \times \text{diametro del cerchio}$$

Poichè questa è una formula che si scrive spesso, è inutile scrivere ogni volta in disteso: circonferenza e diametro; cerchiamo delle abbreviazioni, che in questo caso possono essere le lettere iniziali delle parole: la formula si scriverà in breve così:

$$\boxed{C = 3{,}14 \cdot d}$$ . . . . . . Formula (1)

In questa formula ci sono delle lettere e dei numeri e precisamente un numero da moltiplicare per una lettera. Questo vi sembra incomprensibile. Abbiate pazienza, presto il calcolo con le lettere non sarà per voi più difficile del calcolo con i numeri. Cominciate con questi esercizi.

Esercizio N. 1: Quante mele si ottengono, se a 3 mele si aggiungono altre 4 mele?

La risposta è facile: 3 mele + 4 mele = 7 mele.

Scriviamo una abbreviazione al posto di mela: m. Il calcolo diventa:

$$3m + 4m = 7m$$

Esercizio N. 2: $2p + 3p = ?$

Diamo alla lettera p il significato di pera; avremo:

$$2 \text{ pere} + 3 \text{ pere} = 5 \text{ pere}$$

$$2p \quad + 3p \quad = 5p$$

Esercizio N. 3: $3m + 4p = ?$

Diamo ancora ad m il significato di mela e a p il segnificato di pera. Allora 3 mele + 4 pe-

re = ? Capite subito che non c'è nulla da addizionare.
3 mele e 4 pere resteranno sempre 3 mele e 4 pere e noi non possiamo dire che sono diventate nè 7 mele nè 7 pere, perchè non è vero. La soluzione dell'esercizio è semplicemente $3m + 4p$ e nient'altro. Sono due cose diverse e non ha senso sommare. E state bene attenti di non fare il *gravissimo errore* di scrivere $3m + 4p = 7mp$, che è sbagliato.

Esercizio N. 4: $5m + 6p + 3m = ?$

5 mele + 6 pere + 3 mele = 8 mele + 6 pere

$5m + 6p + 3m = 8m + 6p$

Invece di scrivere per esempio 1 m si scrive semplicemente m, di modo che una lettera da sola significa sempre 1 m. Adesso noi possiamo applicare le regole trovate per m, e per p a qualunque lettera e calcolare con tutte le lettere. Per ricavare il maggior frutto dagli esercizi seguenti, fatene la soluzione nel vostro quaderno dei compiti, senza guardare la soluzione che si trova sotto. Coprite con un foglio di carta le soluzioni. Solo dopo aver risolto gli esercizi, togliete il foglio di carta e confrontate le vostre soluzioni con quelle scritte qui sotto.

Esercizi:
5) $19a + 17a + a = ?$
6) $35x + 3x + 37x = ?$
7) $11a + b + 3b - 6a = ?$
8) $6r + 2m + 4r - m - 5r = ?$

Soluzioni: 5) $37a$ 6) $75x$ 7) $5a + 4b$ 8) $5r + m$

2. Moltiplicazione

Due numeri che debbono essere moltiplicati tra loro si chiamano *fattori*. Moltiplicare due numeri significa sommare il primo fattore tante volte quante sono le unità del secondo fattore. Si debba moltiplicare 2 per 4. I numeri 2 e 4 si chiamano fattori. Il secondo fattore, 4, è formato di quattro unità; per moltiplicare 2 per 4 dovremo sommare il numero 2 quattro volte:

$$2 \cdot 4 = 2 + 2 + 2 + 2 = 8$$

Si può anche sommare due volte il fattore 4; il risultato è lo stesso.

Il risultato si chiama *prodotto*.

Esempi: 1) 3 mele · 4 = 12 mele (il punto rappresenta il segno della moltiplicazione e si legge « per »).

Scriviamo ancora una volta m al posto di tutta la parola mela:

$3m \cdot 4 = 12m$
2) $7x \cdot 5 = 35x$
3) $8y \cdot 6 = 48y$

Se dobbiamo moltiplicare due lettere tra loro, per esempio $a \cdot b$, noi scriviamo semplicemente ab come risultato, lasciando via il segno della moltiplicazione. Quando non troviamo tra due lettere nessun segno di operazione (il segno + o il segno — o il segno :) significa che le due lettere si debbono *moltiplicare* tra loro.

Invece di $x \cdot y$ si scriverà dunque sempre xy
$7x \cdot y$ si scriverà dunque sempre $7xy$
$5z \cdot b$ si scriverà dunque sempre $5zb$

Se i fattori contengono *lettere e numeri* si moltiplicano prima i numeri tra loro e poi le lettere tra loro.

Esempi: 1) $3a \cdot 5b = 15ab$
2) $6x \cdot 4y = 24xy$
3) $4a \cdot 3b \cdot 3c = 36abc$

Si moltiplica prima $4 \cdot 3 = 12$, poi si moltiplica $12 \cdot 3 = 36$ e poi si mettono le lettere di seguito. Il prodotto è $36abc$.

4) $a \cdot 6b \cdot \frac{1}{2}c = ?$

Anche qui si moltiplicano prima i numeri: $1 \cdot 6 \cdot \frac{1}{2} = 3$. Poi vengono le lettere: il prodotto è $3abc$.

SORGENTI DI CORRENTI DEBOLI

Pile e batterie

In elettrotecnica si fa una distinzione fondamentale tra *sorgenti di correnti deboli* e *sorgenti di correnti forti*. Le correnti intense sono prodotte dalle grandi macchine chiamate dinamo e generatori, mentre le correnti deboli sono prodotte da pile e batterie. Le nostre lampade elettriche sono alimentate da correnti forti, mentre i campanelli elettrici, in generale, sono alimentati da correnti deboli.

Prima di passare agli apparecchi con correnti deboli, noi vogliamo fermarci un momento sulle sorgenti di correnti deboli.

Elettricità di strofinamento.

Se noi strofiniamo con una pezza di lana una bacchetta di ebanite, questa acquista la proprietà di attirare dei corpi leggeri, come pezzetti di carta, cenere ecc. Questi corpi leggeri dopo essere venuti a contatto per un attimo con l'ebanite, vengono di nuovo respinti. La stessa proprietà si riscontra nel vetro strofinato con della seta, nella ceralacca strafinata con lana o feltro, nella carta ben secca strofinata con la mano ecc. Si dice che questi corpi per azione dello sfregamento si caricano di elettricità e si chiama elettricità la causa che produce tali effetti. Già 600 anni prima di Cristo uno dei sette sapienti della Grecia, Talete di Mileto, aveva fatto una simile osservazione, adoperando un pezzo di ambra. In greco ambra si chiama « électron » e da questa parola è derivata « elettricità ». Sapete ora che cosa si intende con l'espressione « elettricità di strofinamento ».

Noi siamo sempre in condizione di produrre elettricità con questo mezzo, ma la quantità di elettricità che si ricava è talmente piccola, da non far funzionare nemmeno il campanello della fig. 6. Si tratta in generale di dispositivi capaci di dare una corrente per una durata brevissima, come per esempio una scintilla. Per l'elettrotecnico pratico però ha ragione d'essere solo un dispositivo che produca una corrente elettrica per un tempo notevole.

Un modo di ottenere tale corrente è quello di sfruttare la trasformazione dell'energia chimica in energia elettrica, come avviene nelle pile.

Elettricità di contatto.

La scoperta dell'elettricità di contatto risale all'anno 1780, quando, il medico italiano *Luigi Galvani* osservò per caso che i muscoli della coscia di una rana si contraevano se si collegava il muscolo con il nervo a mezzo di un circuito formato da due metalli diversi.

Galvani a quel tempo studiava il modo di rivelare l'essenza della celebre « forza vitale ». A questo scopo egli attaccò una coscia di una rana con un filo di rame a una ringhiera di ferro. Ogni volta che la coscia toccava per caso uno dei ferri della ringhiera, i muscoli si contraevano violentemente. Galvani osservò il fenomeno e pensò di averne trovato la spiegazione in quella forza vitale, in cui allora si credeva; egli rimase poi sempre fedele a questa sua interpretazione che si è dimostrata errata.

Un altro fisico del tempo, *Alessandro Volta*, penetrò più profondamente nell'essenza di questo fenomeno, determinò le condizioni in cui esso si produceva e arrivò alla scoperta della corrente elettrica. Egli dimostrò che la contrazione dei muscoli della coscia della rana avveniva solo quando si adoperavano due metalli diversi per fare il collegamento; cioè, quando si chiudeva il circuito formato dal muscolo della coscia e da due metalli diversi. Ma perchè lavorare proprio con il muscolo della rana? Erano solo le coscie delle rane che possedevano questa proprietà? I successivi esperimenti di Volta dimostrarono che questo non era vero.

Invece di adoperare il muscolo di una rana, egli ottenne lo stesso risultato impiegando dell'acqua salata come ne esiste in tutti i tessuti animali. Si tratta in conclusione di immergere due metalli diversi in un liquido salino e di stabilire un contatto tra i due metalli. Quando ciò avviene, si sviluppano nel circuito gli stessi fenomeni osservati da Galvani per la prima volta.

Si può fare un facile esperimento dello stesso genere. Prendiamo un verme, un lombrico, e mettiamolo su una lastra di rame. Se prendiamo un pezzetto di zinco, lo bagnamo con un po' d'acqua salata e lo mettiamo pure sulla lastra di rame, vediamo che quando il verme cammina sul rame e viene a toccare lo zinco, si contrae violentemente, come se fosse sottoposto a una scarica elettrica.

Dallo studio di questi fenomeni, Volta arrivò alla costruzione della prima pila.

La pila di Volta.

La prima pila costruita da Volta era formata da dischi di due metalli diversi, zinco e rame, tra cui era interposto un disco di feltro bagnato con acqua acidulata. Questa pila era in condizione di erogare della corrente elettrica.

Per aumentare l'efficacia di questa pila, Volta riunì insieme parecchi di questi elementi e li dispose uno sull'altro in modo da formare una colonnina. Egli prese un disco di rame, del diametro di una paio di centimetri, ci mise sopra un disco delle stesse dimensioni di feltro imbevuto con acqua inacidita con un un po' di acido solforico, al di sopra pose un disco delle stesse dimensioni di zinco, e poi di nuovo rame, feltro bagnato, zinco e così via, fino a formare una piccola colonna terminante con un disco di zinco. Questa fu la prima batteria e ricevette il nome di *pila di Volta.*

Anche voi potete costruirvi facilmente una pila di Volta. Invece di prendere dischi di rame, potete impiegar dei dischi di ottone, invece del feltro, basta della carta assorbente, bagnata con dell'acqua, in cui siano state versate alcune gocce di acido solforico. Se collegate anche solo pochi elementi con due sottili fili e poi toccate con la punta della lingua gli estremi dei due fili, sentirete un gusto caratteristico prodotto sulla vostra lingua dalla corrente elettrica. È più difficile arrivare ad accendere una piccola lampadina elettrica, ma con un po' di cura si può arrivare anche a questo. Attenzione però nell'uso dell'acido solforico.

Per molto tempo la pila di Volta rimase la migliore sorgente di corrente. Una forma più perfezionata, che dava maggiore corrente e che era una pila di tipo moderno, era quella formata con un recipiente di vetro riempito con acqua acidulata con alcune gocce di acido solforico; vi si immergeva una lastra di rame e una lastra di zinco, badando che le due lastre non si toccassero nell'interno del recipiente. Collegando le due lastre con due fili, all'estremità di essi si poteva ottenere una corrente (fig. 11).

Nella fig. 11, la pila alimenta una piccola lampadina elettrica.

Le due lastre metalliche si chiamano *elettrodi;* la connessione, a cui si applica il filo, si chiama *polo.* Nella pila si ha un *polo positivo* che si indica con il segno + e un *polo negativo* che si indica con il segno —.

Il « circuito » della corrente.

La corrente elettrica circola in un filo elettrico, che appartiene a un circuito chiuso. Per farvi un'idea di quello che avviene in un circuito elettrico, pensate a una conduttura d'acqua. Nella nostra pila della fig. 11 la lastra di rame è il polo positivo, la lastra di zinco il polo negativo. La corrente elettrica scorre dal polo positivo attraverso i fili alla lampadina elettrica e, ancora attraverso i fili, al polo negativo. Allora bisogna pensare che nell'interno della pila la corrente circoli dal polo negativo, zinco, attraverso il liquido al polo positivo, rame, chiudendo così il circuito.

Un circuito analogo si trova in natura. La pioggia cade dalle nuvole sulla terra, dove viene trasformata in vapore e sale nel cielo a formare le nuvole, da cui una volta ritornerà sulla terra sotto forma di pioggia (fig. 12).

Che cosa avviene in una pila?

La corrente prodotta da una pila non dura eternamente: la corrente elettrica non può essere formata dal nulla.

Che cosa avviene nell'interno di una pila?

Quando il circuito è chiuso e la pila fornisce corrente, nel suo interno avvengono delle reazioni chimiche; dopo un certo tempo di funzionamento è necessario cambiare il liquido e in seguito viene anche il giorno in cui oc-

corre cambiare gli elettrodi di metallo; questi infatti si consumano e dopo un certo tempo si riducono completamente in polvere.

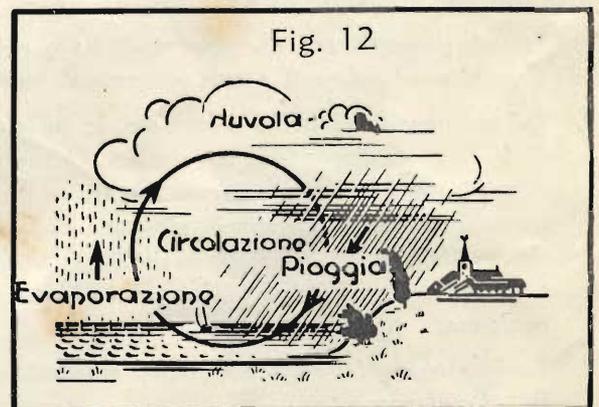
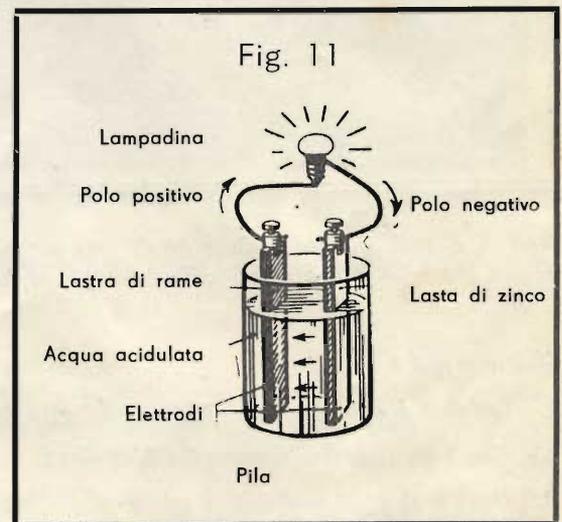



Fig. 13

Parleremo in una Dispensa successiva delle reazioni chimiche che avvengono nell'interno della pila. Per adesso vi bastano le nozioni che vi abbiamo dato. Torneremo anche in seguito sui particolari tecnici della costruzione di una pila; per adesso diciamo solo, che l'elettrodo di rame viene generalmente sostituito con un cilindretto di carbone.

Se voi guardate dall'alto una pila, gli elettrodi di zinco e di carbone si presentano come nella fig. 13-a. Avrete già capito dove vogliamo arrivare: al segno convenzionale che indica la pila negli schemi. Se ogni volta noi rappresentassimo la pila come nella fig. 13-a, dopo un po' diremmo: ma perchè debbo sempre fare il cerchio intorno? E lasciandolo, noi arriviamo al simbolo della fig. 13-b. Poichè è più semplice fare un trattino che un grosso punto, si arriva in conclusione al simbolo contenuto nella fig. 13-c. E questo è realmente il simbolo che è stato preso per indicare la pila. I due segni orizzontali a destra e a sinistra della pila cono i due fili; il segno corto rappresenta il polo positivo, che si indica con il segno +. E per questo il segno del polo positivo è *più* spesso del segno del polo negativo. Per il polo negativo il segno è più sottile e lungo.

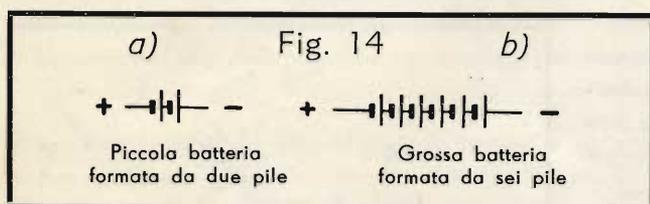
Fig. 14

a) + − −

Piccola batteria formata da due pile

b) + − −

Grossa batteria formata da sei pile

Questa è la convenzione dei segni europea; in America si indicano i due poli con i segni contrari dei nostri. Per evitare confusioni, noi prenderemo l'abitudine di segnalare oltre al simbolo *sempre* anche il segno + oppure — della polarità.

Nella fig. 14-a trovate il simbolo di una piccola batteria formata da due pile; nella fig. 14-b si tratta di una grossa batteria formata dal collegamento di parecchie pile.

Domande.

1. Come è formato un elemento della pila di Volta
2. Che cosa si intende per pila di Volta?
3. Qual'è il polo positivo e quale il polo negativo di una pila?

Risposta alle domande di pag. 5.

1. Si può magnetizzare una sbarra di ferro circondandola con un avvolgimento di filo di rame isolato, i cui estremi sono collegati a una sorgente di corrente elettrica.

2. Un campanello elettrico è formato da un elettromagnete, che alla chiusura del circuito attira una piastrina di ferro posta davanti al suo nucleo. Quando la piastrina si muove, attirata dall'elettromagnete, il circuito si apre, perchè si toglie il contatto tra una molletta fissata alla piastrina di ferro e una vite. Allora l'elettromagnete non attira più la piastrina di ferro e questa ritorna nella sua posizione originaria, per azione di una molla, chiudendo nuovamente il circuito. L'elettromagnete attira di nuovo la piastrina di ferro e il gioco continua. Alla piastrina di ferro è collegata una sferetta che nel suo movimento oscillatorio batte contro una campana.

3. Un impianto di suoneria elettrico è formato da una sorgente di corrente, da un campanello elettrico e dai fili di collegamento.

RADIOTECNICA

Della trasmissione e della ricezione

Dall'immenso campo delle telecomunicazioni, la radiotecnica è senza dubbio la parte più importante. Non dovete temere di non essere in grado di seguirci, se già dalla prima dispensa noi incominciamo a intrattenervi di questo. Per adesso noi incominciamo a trattarvi l'argomento nelle linee generali, parlando della trasmissione e della ricezione; i fenomeni che interessano nei particolari verranno affrontati in seguito.

Franz Lehar dirige la radio orchestra svizzera (Solista Riccardo Tauber, in piedi in primo piano).

Facciamo insieme una visita a uno studio. Un silenzio assoluto regna nel fabbricato. Delle lampade rosse avvertono dappertutto: Silenzio! Si trasmette! La persona che ci accompagna apre con cautela una porta e noi entriamo, senza far rumore, in punta di piedi, nella sala di trasmissione: l'auditorio (fig. 15). La trasmissione è incominciata; noi ci sediamo tranquillamente, ci guardiamo in giro e ascoltiamo.

In realtà quello che vediamo non ha nulla di eccezionale: l'orchestra suona, il direttore dirige i suonatori come qualunque altro direttore; suonano bene e noi ci lasciamo trascinare dalla musica e dimentichiamo il nostro scopo: vedere da vicino, renderci conto di quello che avviene durante una trasmissione, di quella cosa meravigliosa che si chiama radio.

Con un accordo squillante si chiude la prima parte della trasmissione. Adesso, con un po' di calma, possiamo vedere da vicino come è organizzata la cosa. Ci colpisce subito che non vi è un solo microfono, ma ce ne sono parecchi, uno qui, uno là, un terzo in fondo. « Ma servono tutti? » domandiamo noi. « Sì » ci risponde la nostra guida. « Perchè? ». « Un momento di pazienza e ve lo spiegheremo ».

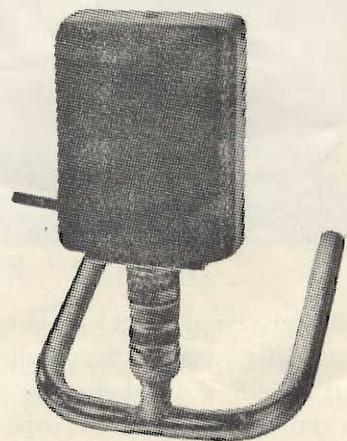
Cerchiamo per un momento di renderci conto come funziona un microfono; stiamo attenti a quello che ci dice la persona che ci accompagna:

Fig. 16

« Ecco un microfono (fig. 16). Quando si parla in questa sala, o si suona della musica, le onde sonore arrivano ai microfoni. Questo strumento trasforma le onde sonore in correnti elettriche, correnti foniche o correnti musicali, e queste correnti vengono inviate dentro un filo. Ecco lo scopo dei microfoni. Attraverso i fili le correnti prodotte dai suoni vengono trasmesse a distanze maggiori di quelli a cui potrebbero arrivare i suoni direttamente ».

In sè la cosa vi è nota; basta che pensiate a un ricevitore del comune telefono. Anche nel telefono c'è un microfono, che è un principio del tutto simile a quello impiegato nella radio, solo che è alquanto più semplice.

Per farvi capire il modo di funzionare del microfono, vogliamo fare questo paragone:

Pensiamo di essere sulla riva di un fiume, le cui acque scorrano tranquille, e vi gettiamo dentro delle pietre, grosse e piccole. Vediamo che cosa avviene alla superficie dell'acqua, che prima scorreva liscia

e calma. Il fiume scorrendo porta con sè le onde, che i sassi formano cadendo nell'acqua. Pensate adesso di aver mandato un vostro amico a guardare quello che succede un centinaio di metri più a valle. Egli guarda la superficie e cerca di capire quello che fate voi. Le onde che arrivano sono a volte molto grosse, a volte molto piccole. Il vostro amico penserà: « Ecco, adesso ha gettato nel fiume una pietra grossa; invece adesso si tratta di una piccola ».

Come vedete si tratta di una interpretazione straordinariamente semplice dei fatti. Noi troviamo, sotto altra forma, gli stessi fenomeni nel caso del microfono. Al posto dell'acqua del fiume che scorre indisturbata, abbiamo qui l'invisibile corrente elettrica; il suono, ossia le onde sonore, sostituisce le pietre, grandi e piccole.

Dovete cercare di comprendere bene che le onde sonore producono una perturbazione nella corrente elettrica che percorre il microfono e che in assenza di suoni scorre via liscia. Diciamo che la corrente elettrica assume una forma a onde, diventando una corrente ondulatoria. Nel caso dell'acqua la perturbazione era visibile all'occhio, nel caso della corrente elettrica, non lo è. La perturbazione resta invisibile e si propaga lungo il circuito elettrico.

Dai microfoni esce un filo, che va all'emittente, la quale può trovarsi anche in un'altra località. Naturalmente non ha importanza che il microfono si trovi nello studio o in qualunque altro luogo: occorre solo che esso sia collegato da un filo alla stazione trasmittente. (La stazione trasmittente ha altri compiti da adempiere e su questi torneremo tra un momento. I microfoni possono essere collegati per esempio su un campo di corse e l'annunciatore trasmette da lì le notizie ai suoi ascoltatori.

Trasmissione.

Abbiamo visto, nella nostra visita all'auditorio, che parecchi microfoni sono distribuiti nella sala. L'accompagnatore ci fornisce un'altra spiegazione. « Per avere una buona fusione dei suoni prodotti dai diversi strumenti che costituiscono l'orchestra, i microfoni vengono distribuiti in diversi luoghi della sala. In un'altra stanza, separata dall'auditorio e protetta da tutti i rumori, la così detta sala di regìa, sta il supervisore, che ascolta in un altoparlante quanto si suona nell'auditorio. Egli è seduto davanti a un tavolo di comando (fig. 17), dove sono collocati numerosi dispositivi, per mezzo dei quali egli può controllare l'intensità dei suoni che vengono raccolti e inviati dai singoli microfoni. Questo controllo è importante, perchè non succeda per esempio che i contrabbassi prendano il sopravvento sui primi violini. Regolate in questo modo le correnti dei singoli microfoni, i suoni vengono inviati alla stazione trasmittente.

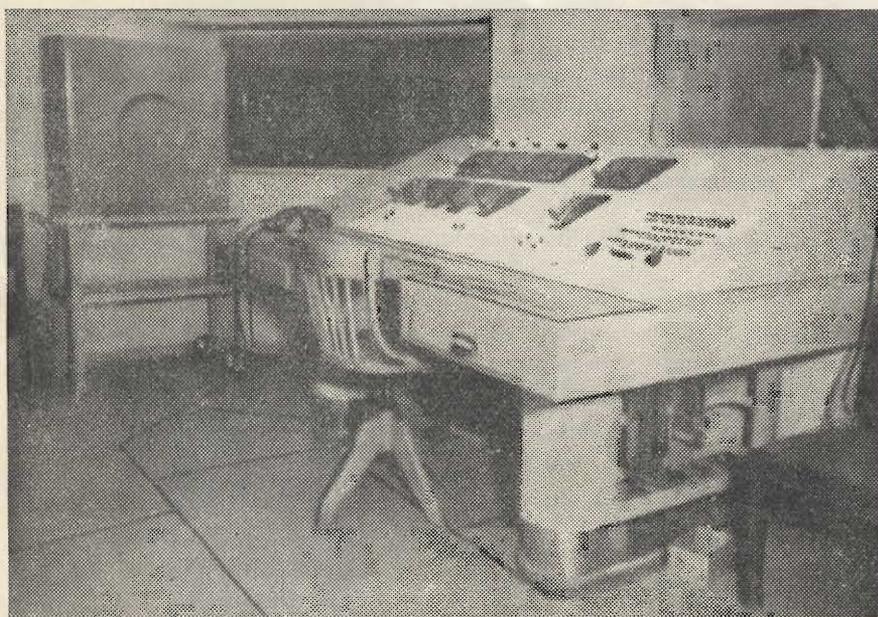



Fig. 17

Qui dobbiamo rifarci ancora all'esempio del suono. Tutti sappiamo che le onde sonore vanno diminuendo di intensità a mano a mano che si allontanano dalla sorgente, finchè diventano talmente deboli che non si sentono più. Allo stesso modo le correnti oscillanti nel filo si indeboliscono con il crescere della distanza. Nel loro cammino verso la stazione trasmittente bisogna rinforzarle. A questo scopo sono stati costruiti dei dispositivi che si chiamano amplificatori, nei quali le oscillazioni elettriche, che vi arrivano deboli, vengono trasformate in oscillazioni forti. Vi diremo in seguito come sono costruiti gli amplificatori.

Quando arrivano alla stazione trasmittente, i suoni, trasformati in oscillazioni elettriche e amplificati negli amplificatori, sono di nuovo diventati delle deboli oscillazioni elettriche. Queste vengono amplificate un'altra volta e all'uscita dell'amplificatore alimentano un altoparlante di controllo che riproduce tutto quello che viene trasmesso dall'auditorio.

Una visita alla stazione trasmittente, cioè al complesso di apparecchiature che permette di irradiare i suoni a tutto il mondo, introduce noi profani (perchè per adesso siamo ancora profani) in un mondo di meraviglie tecniche fatte di vetro e di metallo (fig. 18). Vedete che abbiamo da imparare una grande quantità di cose; per adesso vogliamo raccontarvi solo le più importanti.

Fig. 18

Nelle pagine precedenti avete imparato che le onde sonore, trasformate in oscillazioni elettriche, vengono inviate alla stazione trasmittente attraverso dei fili. Le oscillazioni elettriche vengono amplificate e con l'aiuto di un altoparlante vengono di nuovo trasformate in suoni, che si possono udire. Ricordatevi bene queste cose.

L'emittente ha il compito di produrre delle onde che possano abbandonare i conduttori e irradiarsi nello spazio. Il tecnico dice che la stazione trasmittente produce oscillazioni elettriche d'alta frequenza. Le oscillazioni elettriche, prodotte dal suono, si chiamano oscillazioni di bassa frequenza, e non possono venire irradiate nello spazio. Anche di questi termini vi daremo al momento opportuno una spiegazione più precisa.

La stazione trasmittente, a mezzo di valvole termoioniche grandi e piccole, produce le oscillazioni ad alta frequenza e le invia all'antenna, sostenuta da un altissimo pilone. Di qui le onde vengono irradiate nello spazio (fig. 19).

Il compito dei tecnici che curano la trasmissione è quello di sovrapporre alle oscillazioni ad alta frequenza le oscillazioni a bassa frequenza prodotte dai suoni e inviate all'emittente dallo studio, attraverso i fili. Le onde irradiate dalla stazione portano le oscillazioni a bassa frequenza; queste onde non si vedono e non si sentono.

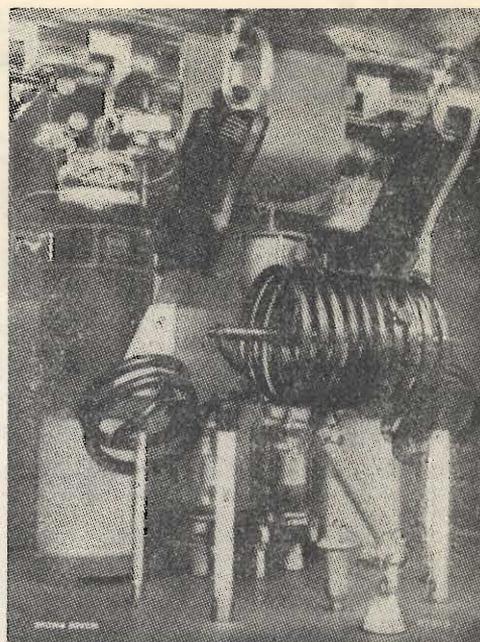
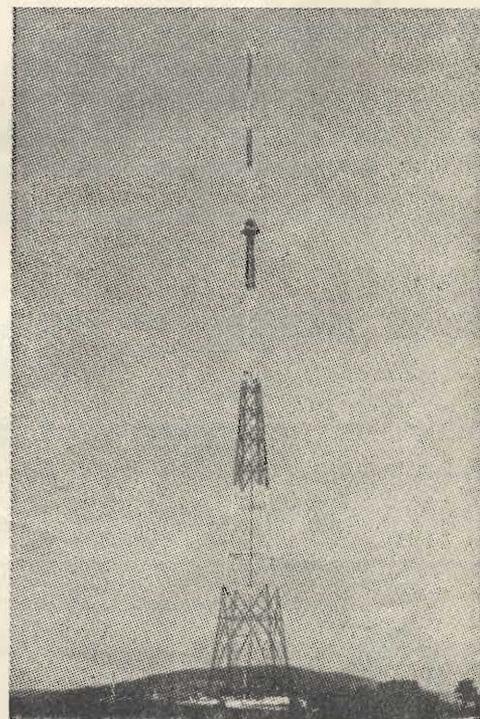
Anche sulla tecnica dell'alta frequenza imparerete molte cose nel corso di queste dispense; per adesso ricordate che le onde vengono irradiate dall'antenna in un modo che corrisponde a quello delle onde che si producono su uno specchio di acqua quando voi vi gettate dentro un sasso: si formano tanti cerchi che si vanno allargando.

Le onde elettriche si propagano con la velocità di 300.000 km al secondo.

Fig. 19

Ricezione.

I tecnici delle trasmissioni possono produrre onde di diversa lunghezza: corte, medie e lunghe; ogni stazione trasmette con una propria lunghezza d'onda. Con l'apparecchio ricevente si può scegliere la lunghezza d'onda che si vuole, tra tutte quelle che sono irradiate nello spazio. Questo è uno dei compiti dell'apparecchio ricevente, al quale arrivano le onde raccolte dall'antenna.

Un secondo compito del ricevitore è quello di amplificare le onde ricevute, poichè esse si sono molto indebolite nel loro viaggio fino all'apparecchio ricevente. È la stessa cosa che avete già visto nella trasmissione. Come terzo compito, l'apparecchio deve ricavare le oscillazioni a bassa frequenza che sono sovrapposte a quelle ad alta frequenza, deve cioè separare le due specie di oscillazioni.

Le oscillazioni a bassa frequenza, così isolate, sono troppo deboli per azionare un altoparlante e debbono essere ancora amplificate. Questo è l'ultimo compito dell'apparecchio ricevente; l'amplificatore può essere grande quanto si vuole.

All'uscita dell'amplificatore escono di nuovo delle onde sonore, come quelle che erano state raccolte dal microfono.

Mentre nella trasmissione il compito del microfono è quello di trasformare le onde sonore in oscillazioni elettriche a bassa frequenza, il compito dell'altoparlante è quello di trasformare le oscillazioni elettriche a bassa frequenza in onde sonore.

Eccovi, proprio nelle grandi linee, quello che avviene nella trasmissione e nella ricezione. Ciascuno di questi fenomeni, ciascuno degli apparecchi che occorrono per la trasmissione e la ricezione, vi verranno spiegati anche nei più piccoli particolari, in modo da mettervi in condizione di costruirvi da voi stessi un apparecchio trasmittente o ricevente.

Risposta alle domande di pag. 10.

1. Un elemento di Volta consiste in due dischi di metalli diversi, tra cui viene messo uno strato di feltro, imbevuto di acqua acidulata con acido solforico.
2. La pila di Volta è formata dalla sovrapposizione di tanti elementi; si può dire che la pila è una batteria di tanti elementi riuniti a contatto.
3. In una pila formata da una lastra di rame e una lastra di zinco in acqua acidulata, il rame è il polo positivo e lo zinco il polo negativo.

MAGNETISMO

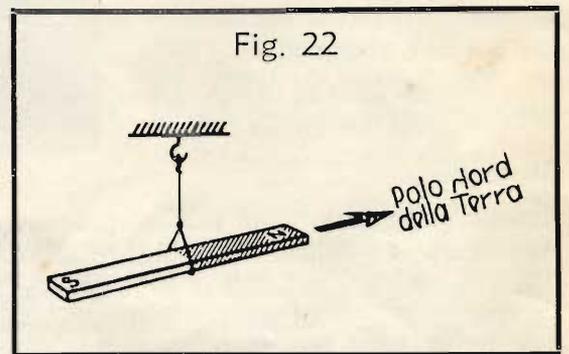
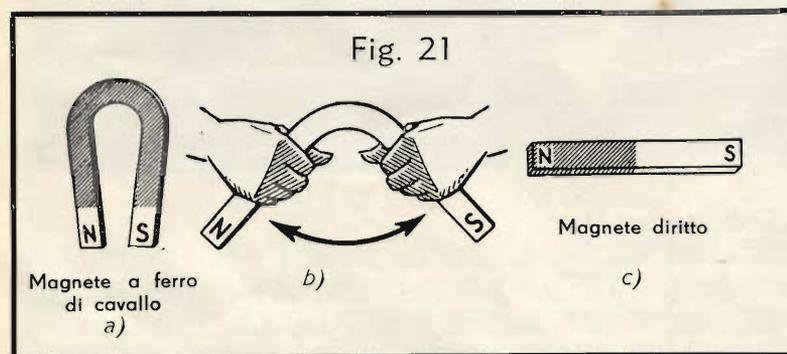
I poli.

Voi sapete già che cosa si intende con la parola elettromagnetismo, anche se non sapete nulla di che cosa sia realmente il magnetismo. Vogliamo vedere ora qualche maggior particolare di questa forza della natura.

Oltre alle *calamite a ferro di cavallo*, che voi conoscete, esistono anche delle *calamite diritte* (fig. 20); queste si possono pensare formate raddrizzando una calamita a ferro di cavallo (fig. 21). La forza di attrazione delle due estremità di un magnete diritto è la stessa. Le due estremità si chiamano poli del magnete. Uno dei poli si chiama polo nord e l'altro polo sud.

Se noi sospendiamo una calamita diritta con un filo, in modo che sia libera di girare come vuole, essa si dispone in una direzione ben definita (fig. 22). Nella posizione di riposo, un'estremità del magnete è rivolta ver-

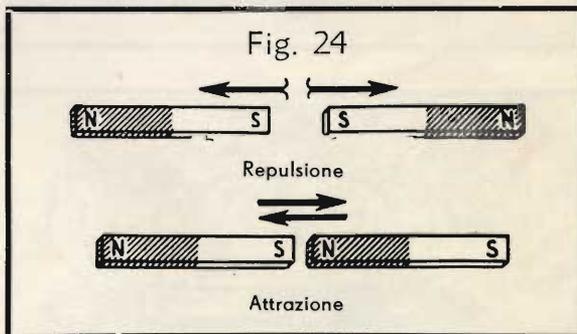
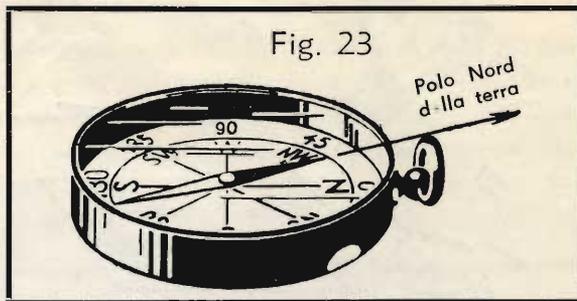
so il polo nord della terra, l'altra verso il polo sud. Se noi prendiamo l'estremità diretta verso il nord e la portiamo a guardare verso il polo sud, finchè noi la teniamo con la mano, ci starà, ma appena la lasciamo libera, ritornerà a dirigersi verso il polo nord. Con questo esperimento noi abbiamo visto che le due estremità del magnete hanno proprietà diverse e precisamente: una estremità si dirige sempre verso il nord e l'al-

tra estremità si dirige sempre verso il sud, naturalmente, quando si dà al magnete la possibilità di muoversi liberamente. L'estremità che si orienta verso il nord, la indichiamo con N e si chiama polo nord, l'estremità che si rivolge verso il sud, la indichiamo con S e si chiama polo sud.

Ogni magnete ha un solo polo nord e un solo polo sud, sia esso grande o piccolo, spesso o sottile, lungo o corto.

L'ago della bussola non è altro che un piccolo e leggero magnete, sostenuto nel suo mezzo su una punta, in modo da potersi muovere liberamente (fig. 23).

Se prendiamo due magneti diritti e avviciniamo i due poli sud, vediamo che essi *si respingono;* lo stesso avviene, se tentiamo di avvicinare i due poli nord. Invece il polo nord e il polo sud si *attirano* (fig. 24).

Possiamo fare lo stesso esperimento con un magnete diritto e l'ago di una bussola. Ricaviamo da questi esperimenti la seguente conclusione:

Poli di nome diverso si attirano.
Poli dello stesso nome si respingono.

Il campo magnetico

Può darsi che voi stiate leggendo questa Dispensa, seduti vicino a una stufa accesa. Può anche darsi di no, ma se voi siete seduti vicino a una stufa, voi sentite l'azione della stufa. Quanto più lontano voi siete dalla stufa, e tanto minore è il calore che voi ricevete da essa. Il calore che voi ricevete dalla stufa è grande vicino alla stufa e diminuisce, a mano a mano che voi vi allontanate da essa. Questa è una cosa che sapete tutti.

« Che cosa c'entra tutto questo con i magneti? » vi domanderete voi ed eccovi la risposta. I fisici hanno dimostrato che nello spazio intorno a un magnete esiste un invisibile campo, chiamato *campo magnetico*. Quando sentirete parlare del campo magnetico, pensate alla stufa accesa e al calore della stufa.

Il *campo magnetico* può essere messo in evidenza dai suoi effetti. Uno dei tanti suoi effetti è l'attrazione sul ferro. Noi possiamo mettere in evidenza il campo magnetico in questo modo. Prendiamo un magnete diritto (fig. 25) e mettiamoci sopra un foglio di carta rigida; prendiamo poi un cartoccio di limatura di ferro sottile e spargiamola sopra il foglio. I granellini di limatura di ferro si disporranno secondo delle linee, che si chiamano *linee di forza* (fig. 26 e 27).

Se muovete il foglio di carta, le linee di forza si spostano sul foglio. Così avete ottenuto una fotografia delle linee di forza, prodotte da un magnete diritto (fig. 28).

La fig. 29 vi rappresenta le linee di forza di un magnete a ferro di cavallo.

Voi potete mettere in evidenza le linee di forza in un altro modo, se avete a disposizione tanti piccoli aghi da bussola. Disponeteli intorno al magnete ed essi si orientano secondo le linee di forza (fig. 30).

Fig. 27
La carta è appoggiata al magnete: sono visibili le linee di forza

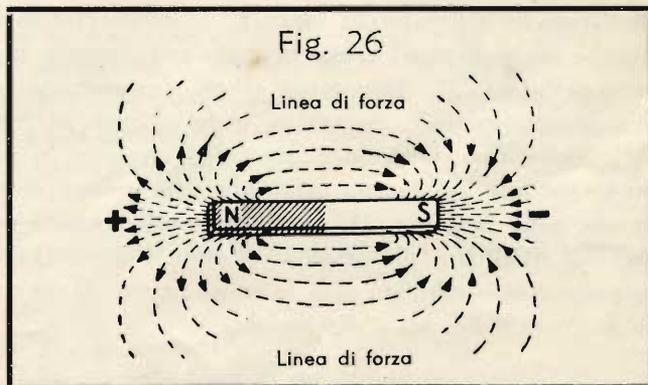
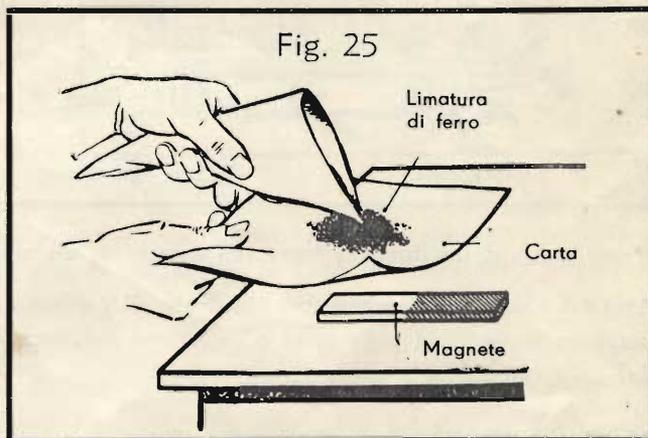
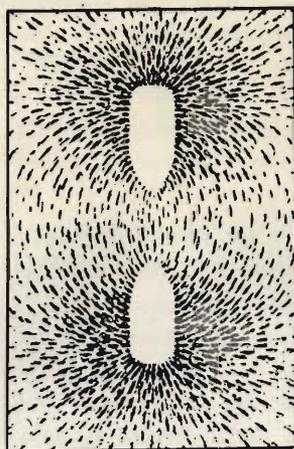
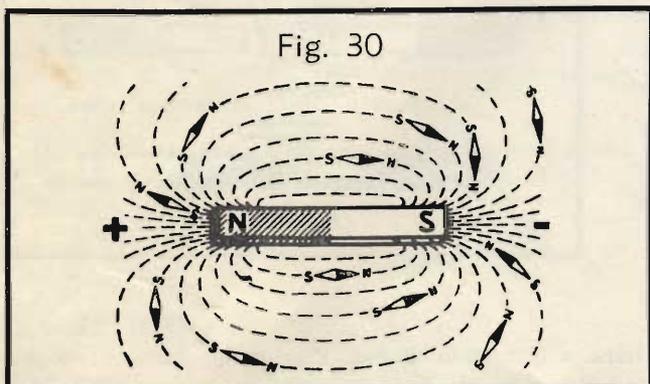
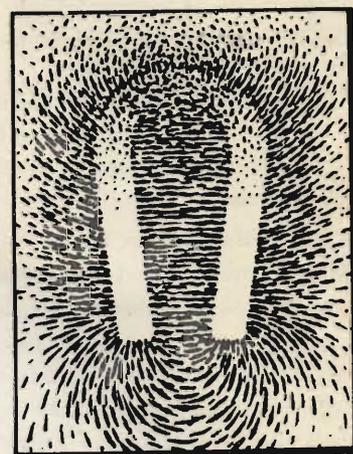
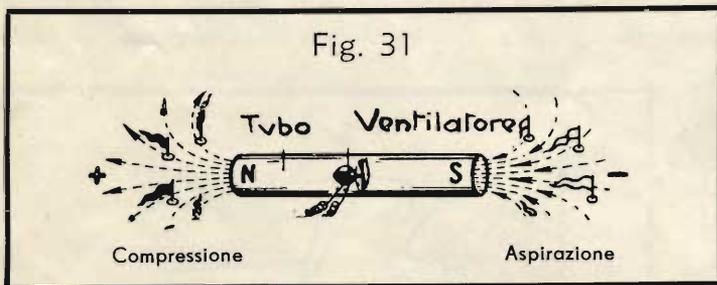
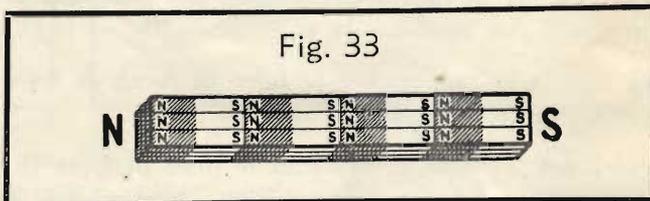
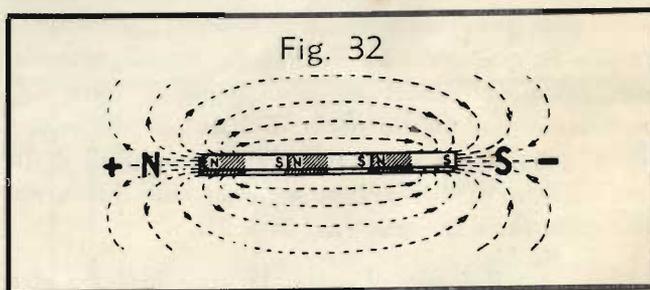



Fig. 28 Fig. 29

La direzione delle linee di forza

Tutte le linee di forza nel campo di un magnete vanno dal polo nord al polo sud del magnete. Immaginate di mettere, nell'interno di un tubo da stufa, un piccolo ventilatore (fig. 31). Da una parte del tubo, a destra, l'aria viene aspirata, mentre dall'altra parte l'aria viene soffiata fuori. Chiamiamo estremità S la prima, quella che aspira l'aria ed estremità N la seconda, quella da cui l'aria viene soffiata fuori.

Questa aspirazione produce un movimento nell'aria al di fuori del tubo. Ciò significa che dalla parte dell'aspirazione si stabilisce in un primo momento una zona di bassa pressione e dalla parte opposta una zona di compressione. L'aria intorno tenderà a riportare le cose allo stato normale. Le particelle d'aria della zona di pressione non restano più lì, ma per la via più breve tendono ad andare nella zona di bassa pressione dove c'è più posto. Noi vediamo dunque che le masse d'aria in movimento fuori del tubo si comportano nello stesso modo delle linee di forza del campo di un magnete.

Avete dunque ben compreso che le linee di forza di un magnete escono dal polo nord e rientrano nel magnete dal polo sud.

Riunione di più magneti

Mettiamo in fila parecchi magneti, in modo che di seguito a un polo nord venga un polo sud, come è indicato nella fig. 32. Otteniamo allora un magnete più grande che possiede un campo e delle linee di forza dello stesso tipo di quelli di un unico magnete. Si può anche mettere insieme un magnete molto grosso, disponendo, come nella fig. 33, parecchi piccoli magneti uno accanto all'altro e più strati uno sopra l'altro. Questo magnete così combinato avrà la stessa azione di un unico magnete *delle stesse dimensioni*.

Magnetizzazione di una sbarra d'acciaio non magnetica

Si può magnetizzare qualunque sbarra di acciaio. Basta strofinare la sbarra con un magnete ordinario, purchè abbastanza forte. Basta anche lasciare la sbarra da magnetizzare sotto l'azione di un campo magnetico per un certo tempo e allora la sbarra si magnetizza da sola.

Ora voi sapete che anche la nostra terra è un grande magnete con il suo polo nord e il suo polo sud. Su questo fatto si basa l'impiego dell'ago magnetizzato, come indicatore della direzione del nord. Potrebbe venire in mente a qualcuno, che si crede molto furbo. di magnetizzare una sbarra di acciaio non magnetico, disponendola nella direzione nord-sud e sottoponendola così all'azione del *campo magnetico della terra*. Questa idea non è poi tanto stramba, e infatti si trova che dopo alcune settimane la sbarra di acciaio, che prima non era magnetizzata, è diventata magnetica. Come si spiega questo fatto? Eccone la spiegazione:

Ogni sbarra di acciaio non magnetica è formata in realtà da un numero grandissimo di particelle molto piccole e magnetiche, disposte in modo disordinato e a caso, una vicino all'altra e una sopra l'altra (fig. 34). Se una tale sbarretta viene strofinata con un magnete o, come nel nostro ultimo esempio, disposta nella direzione nord-sud e sottoposta così al campo magnetico terrestre, i piccoli magneti si girano e mentre prima erano disposti disordinatamente e a caso, poi si dispongono con tutti i loro poli nord da una stessa parte e tutti i poli sud dalla parte opposta (fig. 35). E con questo la sbarra, che prima non era magnetica, diventa poi magnetizzata.

Fig. 34

Non magnetizzato

Particelle magnetiche disordinate

È anche possibile sentire i piccoli magneti che si orientano.

Questo è possibile naturalmente con mezzi complicati. Per rendere percettibile il suono prodotto dai piccoli magneti che si muovono, si adoperano dei dispositivi di amplificazione dei suoni; nel corso di queste dispense voi imparerete a conoscere alcuni di questi dispositivi. Con questi apparecchi si sente lo scricchiolio prodotto durante la magnetizzazione di una sbarra di acciaio non magnetica. Questo movimento, ostacolato dell'attrito interno dell'acciaio, deve produrre anche del calore durante la magnetizzazione e anche questo è accertato.

Fig. 35

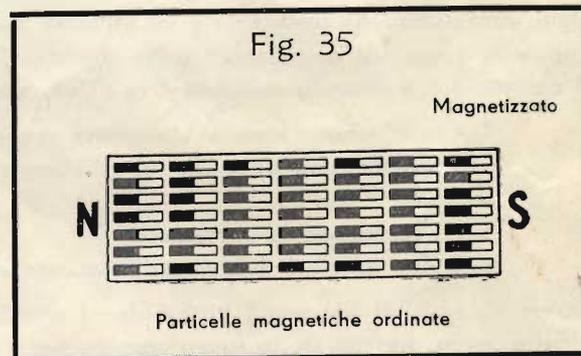
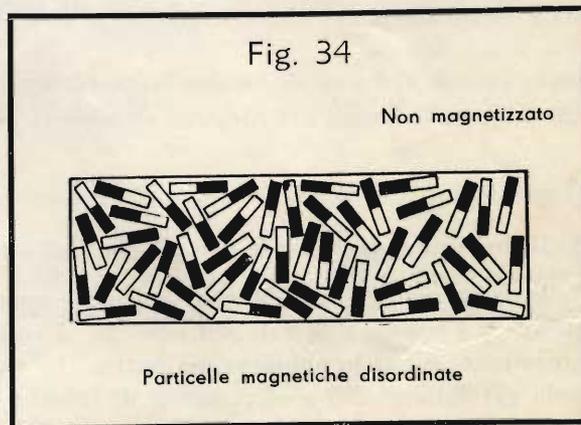
Particelle magnetiche ordinate

Le diverse qualità di ferro si comportano diversamente, se sottoposte alla operazione di magnetizzazione. La qualità di ferro che si chiama « ferro dolce » diventa magnetica solo temporaneamente; perde il magnetismo molto rapidamente. Invece l'acciaio conserva permanentemente il magnetismo ricevuto. Lo stato disordinato dei piccoli magneti è lo stato normale del « ferro dolce ». I piccoli magneti di un pezzo di acciaio restano allineati e conservano il proprio allineamento; l'acciaio conserva il magnetismo.

Il modo più semplice di magnetizzare un pezzo di ferro è di seguire la tecnica della fig. 3 di questa Dispensa: si circonda la sbarra di ferro con parecchie spire di filo isolato, attraverso cui si invia la corrente elettrica. Se la sbarretta è di *acciaio*, conserverà il magnetismo ricevuto, mentre una sbarretta di ferro dolce non conserverà praticamente più il magnetismo, appena tolta la corrente dal filo.

Questo è il motivo per cui si impiega solo ferro dolce per fabbricare il magnete di un campanello elettrico, descritto nel primo capitolo di questa Dispensa. Il nucleo dell'elettromagnete deve essere magnetico, cioè attirare un altro pezzo di ferro, solo durante il tempo in cui la corrente circola nella bobina. Quando la corrente viene interrotta, il nucelo dell'elettromagnete deve perdere il suo magnetismo.

Domande.

1. Che cosa avviene quando si sospende con un filo un magnete a sbarra in modo che sia libero di girare in un piano orizzontale?
2. Quali sono i poli di un magnete a sbarra?
3. Quale è la legge che regola l'attrazione e la repulsione di due magneti?
4. Come si comportano le diverse qualità di ferro, se sottoposte all'azione di un campo magnetico?

MATEMATICA (Continuazione da pag. 8).

L'ultimo paragrafo che trattava della matematica vi ha fatto studiare dapprima l'addizione e la sottrazione e poi la moltiplicazione. Il passo successivo sarebbe quello della divisione, ma, ben sapendo quello che facciamo, rimandiamo la divisione alla Dispensa successiva e trattiamo adesso delle *equazioni*. E per questo vi raccomandiamo la massima attenzione! State ben attenti e leggetevi questa parte, riga per riga, con la massima cura.

Le equazioni

Come avete visto dal titolo, passiamo a studiare le equazioni. Cominciamo col domandarci che cosa è una eguaglianza.

Ma è molto semplice: una eguaglianza ci dice che due cose sono *uguali*, come per esempio:

$$2 = 2$$
$$2 \cdot 4 = 8$$
$$3 \cdot x = 12$$
$$x = 4$$
$$C = 3{,}14 \cdot d$$

Nelle due prime uguaglianze non c'è che l'affermazione che due cose sono uguali e non si fa nessuna domanda.

Nella terza uguaglianza c'è una domanda: quando è, che 3 moltiplicato x è uguale a 12? Evidentemente, quando x è uguale a 4. Solo nel caso che si verifichi quest'ultima condizione, che cioè $x = 4$, la terza è una uguaglianza e noi lo abbiamo già notato. La quinta uguaglianza è una nostra vecchia conoscenza: è la formula (1) della pag. 7 e ci permette di calcolare la lunghezza della circonferenza: essa è *uguale* a 3,14 moltiplicato per il diametro del cerchio.

Ogni uguaglianza ha un primo e un secondo membro; il primo membro è quello che sta alla sinistra del segno = e il secondo membro è quello che sta alla destra. Nella seconda uguaglianza $2 \cdot 4$ è il primo membro, il numero 8 è il secondo membro. Tra i due membri dell'uguaglianza si interpone sempre il segno = (uguale).

Consideriamo ancora la seconda uguaglianza $2 \cdot 4 = 8$: moltiplichiamo per il numero 3 *tutti e due i membri dell'uguaglianza*. Abbiamo:

$$2 \cdot 4 \cdot 3 = 8 \cdot 3$$

ed eseguendo le operazioni $24 = 24$

I due membri dell'uguaglianza sono ancora uguali tra loro.

Invece di moltiplicare per 3 *tutti e due i membri dell'uguaglianza*, noi possiamo moltiplicarli per qualunque altro numero, purchè sia lo stesso numero per i due membri, e otteniamo sempre che i due membri sono uguali. Se invece noi dividiamo per 2 i due membri della nostra uguaglianza, i due membri restano pure uguali:

$$2 \cdot 4 = 8$$
$$\frac{2 \cdot 4}{2} = \frac{8}{2}$$
$$4 = 4$$

Regola 1-a: *Se si moltiplicano i due membri di una uguaglianza per lo stesso numero, i due membri sono ancora uguali.*

Regola 1-b: *Se si dividono i due membri di una uguaglianza per lo stesso numero, i due membri sono ancora uguali.*

Voi non avrete mai imparato abbastanza queste due regole; nei calcoli tecnici troverete a ogni passo applicazioni di queste regole, perchè sono il nocciolo di tutto il calcolo delle equazioni.

Se in una uguaglianza c'è una sola quantità che non conosciamo, noi la possiamo calcolare. Consideriamo ancora una volta l'uguaglianza $C = 3{,}14 \cdot d$.

Se noi sappiamo la lunghezza del diametro d, possiamo calcolare la lunghezza della circonferenza. Se per esempio il diametro è di 10 mm, la lunghezza della circonferenza è $C = 3{,}14 \cdot 10 = 31{,}4$ mm.

Noi chiamiamo *equazioni* le uguaglianze che contengono una quantità sconosciuta; con l'aiuto dell'equazione noi possiamo calcolare la quantità sconosciuta, chiamata *incognita.*

Una equazione molto semplice è questa:

$$10 \cdot x = 20$$

I numeri 10 e 20 sono quantità note, conosciute, mentre « x » è l'incognita che noi non conosciamo. Questa equazione si può tradurre in parole così:

Il numero 10 deve essere moltiplicato per un altro numero, che chiamiamo x, in modo che il risultato sia 20. Quale è il numero x? In questo caso la risposta è facile: il numero 10 deve essere moltiplicato per 2, per fare 20. La incognita da determinare, x, è dunque uguale a 2 ossia, scrivendo in breve, $x = 2$. E così abbiamo risolto l'equazione $10 \cdot x = 20$ e abbiamo ottenuto $x = 2$. Ripetiamo come abbiamo fatto a ottenere il risultato.

Il primo membro dell'equazione era $10 \cdot x$ e in seguito è diventato solo x. Ma la x è la decima parte di 10. x come una mela è la decima parte di 10 mele. Il secondo membro era prima 20 e poi è diventato 2. Anche il 2 è la decima parte di 20.

Per ottenere $x = 2$ noi abbiamo diviso i due membri dell'equazione per 10 e per la regola 1-b questo è permesso.

Supponiamo che l'equazione fosse stata $5 \cdot x = 10$; allora avremmo dovuto dividere i due membri per 5, per calcolare x. Noi possiamo concludere che bisogna dividere i due membri dell'equazione per quel numero che sta a moltiplicare l'incognita x.

Questo procedimento si chiama *soluzione di una equazione* e serve per calcolare il valore dell'incognita. Facciamo un altro esempio di soluzione di una equazione. Sia data da risolvere la seguente equazione:

$6\,x = 18$; la domanda è: « qual'è x? » e si scrive: $x = \,?$

Poichè nel primo membro il numero che moltiplica x è 6, noi dividiamo i due membri dell'equazione per 6:

$$6 \cdot x = 18$$

$$\frac{6 \cdot x}{6} = \frac{18}{6}$$

Nel primo membro abbiamo 6 diviso 6, che fa 1 e l'equazione diventa

$$1 \cdot x = \frac{18}{6}$$

$$1 \cdot x = 3$$

e come vi abbiamo già insegnato, invece di $1 \cdot x$ si scrive semplicemente x.

Ripetiamo ancora una volta: per risolvere un'equazione, bisogna fare in modo che al primo membro si trovi la incognita x da sola e nel secondo membro tutte le quantità note. Vi preghiamo di risolvere i seguenti esempi nel vostro quaderno degli esercizi tante volte, finchè avrete capito chiaramente il meccanismo della soluzione delle equazioni.

Esempi.

Voi già sapete che si può tralasciare tra un numero e una lettera il segno di moltiplicazione, costituito da un punto. Noi scriveremo in seguito $6x$ invece di $6 \cdot x$.

1) $8x = 24$

$$\frac{8x}{8} = \frac{24}{8}$$

$$x = 3$$

2) $6x = 6$

$$\frac{6x}{6} = \frac{6}{6}$$

$$x = 1$$

3) $4x = 2$

$$\frac{4x}{4} = \frac{2}{4}$$

$$x = \frac{1}{2}$$

Se guardate un po' attentamente a questi esempi, vedrete che bisogna dividere i due membri dell'equazione per il numero che sta a moltiplicare l'incognita.

Per sapere se voi avete risolto giustamente un'equazione, basta introdurre il valore trovato per l'incognita nel-

l'equazione originaria ed eseguire i calcoli; i risultati dei due membri devono essere uguali. Facciamo questa prova nell'esempio 1:

Introduciamo il valore dell'incognita $x = 3$ nell'equazione

$$8x = 24$$
$$8 \cdot 3 = 24$$
$$24 = 24$$

I due membri sono uguali e il risultato è giusto.

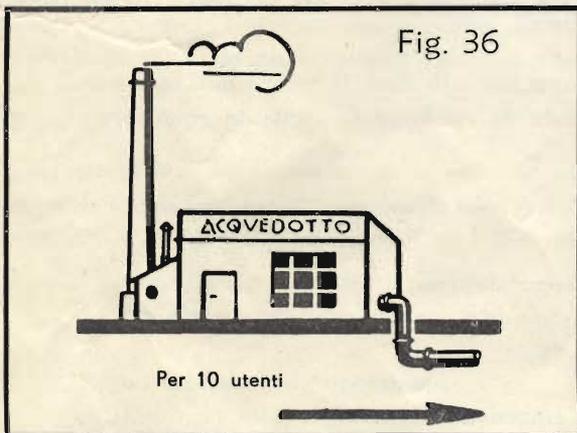
ELETTROTECNICA GENERALE

Avete sentito parlare frequentemente di corrente elettrica. Prima di procedere con le spiegazioni di radiotecnica, dovete diventare ben padroni dei concetti fondamentali e delle proprietà della corrente elettrica.

Intensità di corrente — Tensione — Resistenza

Possiamo paragonare la corrente elettrica con una corrente d'acqua. Pensate per un momento a un fiume. La corrente di un fiume ha le seguenti proprietà:

Il fiume può essere largo e la corrente d'acqua molto grande oppure il fiume può essere piccolo e la corrente d'acqua essere piccola. L'acqua del fiume può scorrere lentamente in pianura, oppure precipitare scrosciando per il fianco di un monte.

Fig. 36

La corrente d'acqua può scorrere fino al mare, superando ostacoli come rupi, scogli ecc., oppure può incontrare sulla sua strada resistenze che ne rendono difficile il deflusso.

Può anche avvenire che l'acqua sia avviata attraverso condutture e le tubazioni offrono una resistenza: tanto più piccola è la sezione del tubo, tanto maggiore la resistenza (figure 36, 37, 38).

Avrete sicuramente già capito dove vogliamo arrivare; voi sapete meglio di noi che la corrente elettrica scorre attraverso le condutture e viene condotta lontano.

Pensate per un momento alle ruote mosse dall'acqua, come forse ne avrete costruite anche voi da ragazzi. Esse vengono messe sotto un rubinetto d'acqua. La minuscola turbina gira velocemente e con essa si può far muovere un giocattolo, anche tutta una serie di giocattoli, una piccola officina. Noi diciamo che sotto il getto d'acqua, che scende dal rubinetto sulle palette della ruota, c'è una pressione. Se la pressione dell'acqua che cade fosse minore, la piccola turbina non girerebbe così in fretta e non potrebbe muovere la nostra piccola officina, o per lo meno non potrebbe muovere tutti i nostri giocattoli. Ed è una vera fortuna che nella nostra conduttura d'acqua ci sia una pressione così grande.

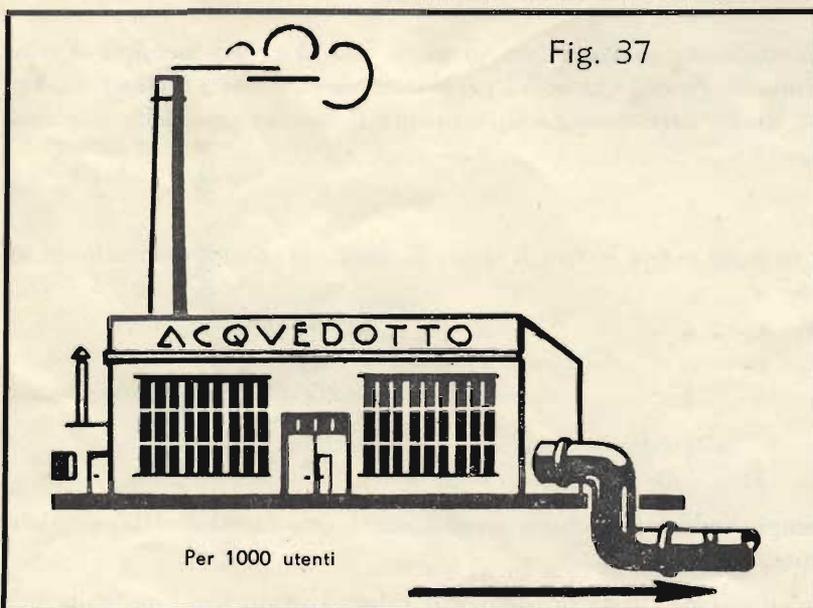



Fig. 37

Però la nostra conduttura d'acqua non sarebbe capace di mettere in moto la grande ruota del mulino: occorre *una pressione molto più grande* per muovere la ruota del mulino che trascina con sè la macina, per macinare.

Il ruscello che mette in moto la ruota del mulino può avere una pendenza o una caduta forte oppure piccola. Con una *pendenza piccola* si ha una *piccola pressione d'acqua* sulla ruota del mulino; per un

ruscello che scende impetuosamente, la *pressione dell'acqua è grande* e così pure la potenza.

Per un corso d'acqua si deve tenere conto di due grandezze: la *quantità d'acqua* (*portata*) e la *caduta* (*differenza di livello*).

Torniamo ancora una volta alla nostra piccola turbina:

È ormai chiaro che occorre avere una grande pressione sotto il getto d'acqua che scende dal rubinetto e batte sulle palette della ruota. Altrimenti la piccola turbina non potrebbe avere una potenza sufficente per muovere tutti i giocattoli. Se noi chiudiamo un po' di più il nostro rubinetto, noi diminuiamo la pressione del getto di acqua e la turbina non può più far camminare tutti i nostri giocattoli.

Che cosa facciamo noi quando chiudiamo un po' di più il rubinetto? Introduciamo una resistenza nella conduttura, e la pressione dell'acqua riesce solo in parte a superare la resistenza introdotta.

Ecco una terza grandezza che deve essere presa in considerazione per comprendere quello che avviene in una conduttura di acqua: la *resistenza* della tubatura stessa.

I tubi stretti presentano naturalmente una maggior resistenza al passaggio dell'acqua che non quelli larghi. Se noi fossimo ricchi, potremmo fare le tubazioni che conducono l'acqua nella nostra casa, molto larghe e così non dovremmo attendere un quarto d'ora perchè si riempia la vasca da bagno. Perchè allora l'acqua non dovrebbe superare le grandi resistenze che impediscono la sua corsa nei tubi stretti.

Fig. 38

Qui scorre molta corrente perciò grossi cavi

Nelle condutture d'acqua, le stazioni di pompa o di elevazione fanno sì che l'acqua scorra nelle condutture (fig. 36, 37): nel caso dell'elettricità, una centrale elettrica serve a far scorrere la corrente nei fili (fig. 38). Nel primo caso la distribuzione avviene a mezzo di condutture e tubazioni, nel secondo caso a mezzo di cavi e di fili. Nelle condutture di grande diametro, con poca resistenza, può scorrere più acqua e realmente scorre più acqua che non nei tubi sottili che conducono l'acqua nelle nostre case e offrono alla corrente d'acqua una resistenza maggiore. La quantità di acqua che scorre nella conduttura grossa (che si chiama portata) può (attenzione: « può ») essere più grande che non nei tubi stretti.

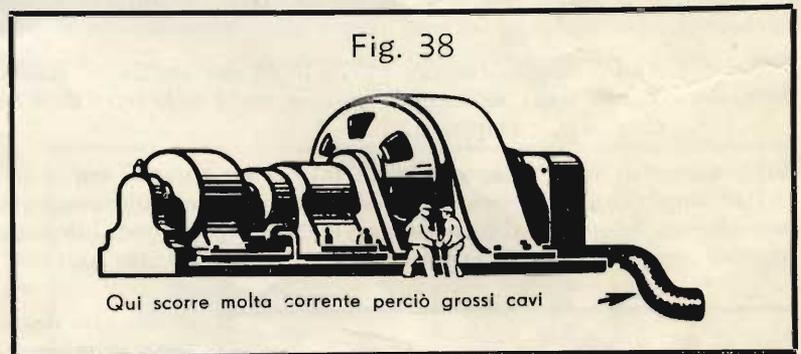
Sono sufficienti dei fili sottili perchè passa una piccola corrente

Fig. 39

La intensità della corrente elettrica nei grossi cavi (figura 38) che offrono piccola resistenza, può essere molto più grande che non nei fili più sottili che conducono la corrente elettrica nelle nostre case o quelli impiegati nei campanelli elettrici (fig. 39).

Come l'acqua viene pompata dalla stazione di pompe nelle condutture con una grande pressione, così la centrale elettrica spinge, preme la corrente elettrica nei fili. Però gli elettrotecnici non impiegano il termine « pressione » ma invece dicono « tensione ».

Se la pressione dell'acqua in una conduttura è troppo piccola, avviene che nei punti più lontani della rete l'acqua arriva solo goccia a goccia; perchè nel lungo cammino che l'acqua deve percorrere, le resistenze delle lunghe tubazioni sono tanto forti che alla fine la scarsa pressione che spinge l'acqua non è più sufficiente per superarle. Le pompe servono per dare all'acqua la pressione sufficiente.

Qualche cosa di simile avviene nelle reti per la distribuzione dell'elettricità. Anche qui avviene che la corrente deve percorrere lunghi cammini e superare le resistenze offerte dai fili. Perciò la centrale elettrica deve produrre la corrente elettrica con la pressione sufficiente, perchè essa possa superare le resistenze. La corrente elettrica deve essere inviata nei fili con una grande « pressione ». È meglio, parlando di corrente elettrica, adoperare la parola *tensione* invece di pressione; perchè quello che nel caso dell'acqua viene indicato con il nome di « pressione », corrisponde, nel caso della corrente elettrica, alla « tensione ».

Per la corrente elettrica si hanno le tre seguenti grandezze:

Intensità di corrente — tensione — resistenza.

Vi consigliamo di ricordare sempre una cosa che vi sarà utile in moltissime circostanze: Quando avrete qualche difficoltà a comprendere un qualsiasi fatto che si riferisca al comportamento della corrente elettrica, e particolarmente alla sua intensità, alla tensione o alla resistenza, pensate alle grandezze corrispondenti nel caso della corrente d'acqua. Vedrete che allora vi sarà facile comprendere.

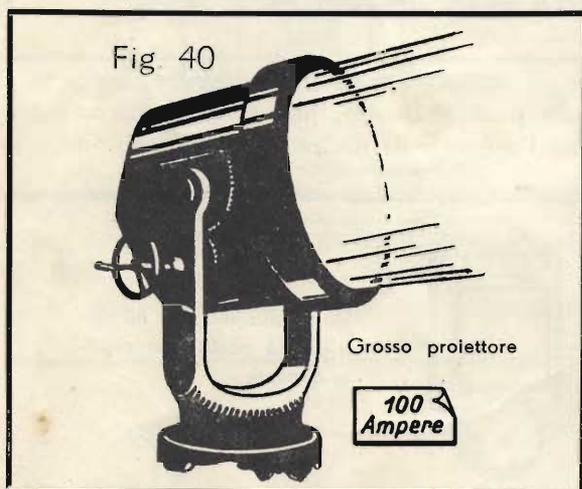
Le lunghezze si misurano in metri o in chilometri e nessuno troverà da ridire qualche cosa se voi dite: « lungo tre metri » oppure « lontano 4 chilometri ». Il concetto di misura è una cosa spontanea nell'uomo. Occorre ora che l'elettrotecnico abbia a disposizione tre altre unità di misura: *l'ampère, il volt* e *l'ohm.*

Ampère è l'unità di misura per *l'intensità di corrente*
Volt è l'unità di misura per la *tensione*
Ohm è l'unità di misura per la *resistenza*

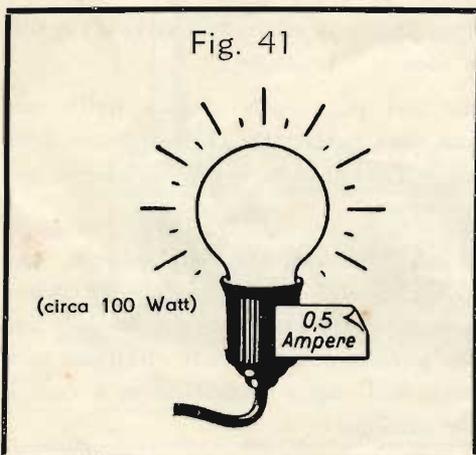
Intensità di corrente

Cominciamo a parlare della corrente elettrica. 10 ampère è una intensità di corrente maggiore di 1 ampère. È chiaro?

Andrè Marie Ampère (1775-1836) era un fisico francese che fece notevoli studi specialmente nel campo della allora giovane scienza dell'elettricità. In suo onore l'unità di intensità di corrente venne chiamata « ampère ».

Supponiamo di voler misurare la portata di un corso d'acqua in ampère: un fiume verrà valutato a, diciamo, 10 000 ampère, un ruscello a 100 ampère e una piccola conduttura di acqua a 10 o anche 5 ampère. Inoltre una officina ad acqua abbisognerà di 1 000 ampère, per funzionare, una ruota da mulino 10 ampère e la turbina ad acqua di quando eravate ragazzi di forse mezzo ampère.

« Ma che razza di discorso mi fate? » penserete voi; « l'acqua non si misura in ampère ». Lo sappiamo anche noi che l'acqua non si misura in ampère, ma vi abbiamo fatto questo discorso per farvi un paragone.

Supponiamo di attaccare alla rete di corrente elettrica diversi motori. La tensione della rete è la stessa per tutti i motori. Vediamo che cosa succede per la intensità di corrente. Per esempio, un motore medio richiederà 10 ampère e bisogna dargli 10 ampère, altrimenti non lavora bene. Un piccolo motore, come quelli di un trapano di officina, richiede solo 1 ampère e con tale corrente fa il suo lavoro a meraviglia.

D'altra parte siccome quest'ultimo consuma meno e richiede meno ampère, svilupperà anche una potenza minore di un motore a 10 ampère. Un motore da giocattoli richiede solo 1/10 di ampère; è molto più economico come consumo, ma può produrre una potenza ridotta.

Per le lampade elettriche possiamo stabilire delle relazioni analoghe.

Un grosso proiettore (fig. 40) consuma 100 ampère e illumina a giorno il cielo notturno. Una lampada a incandescenza (fig. 41) consuma circa 0,5 ampère; essa è più economica come consumo, però produce un risultato molto più modesto di quello di un proiettore. Anche qui abbiamo supposto che tanto il proiettore, quanto la lampadina siano attaccati alla stessa rete di energia elettrica, cioè lavorino con la stessa tensione.

A casa vostra avete la luce elettrica e sulla conduttura è applicata una valvola. Vi sarete accorti che ogni tanto succede che una valvola si brucia e si deve sostituire; voi la dovete comprare e comprerete una valvola da 10 ampère o da 6 ampère secondo la necessità degli apparecchi elettrici collegati con la rete. Vedete che in pratica voi adoperate già la misura in ampère.

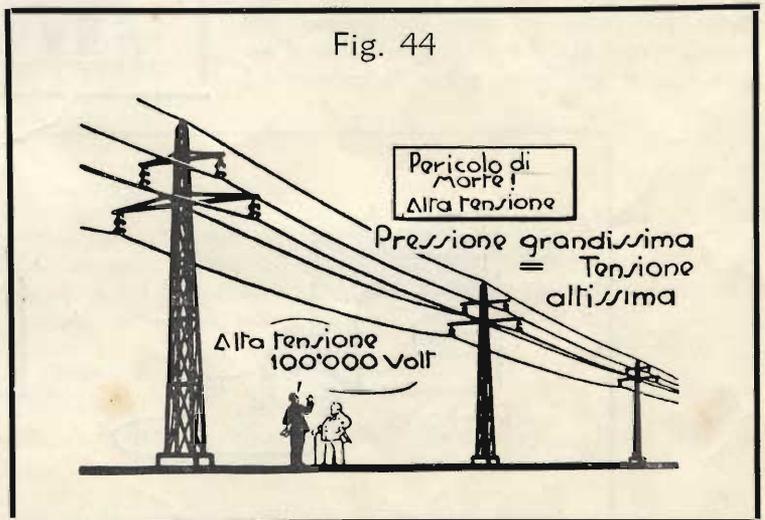
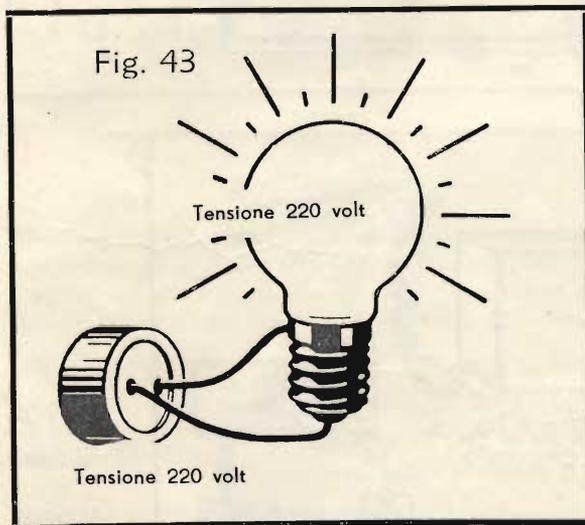
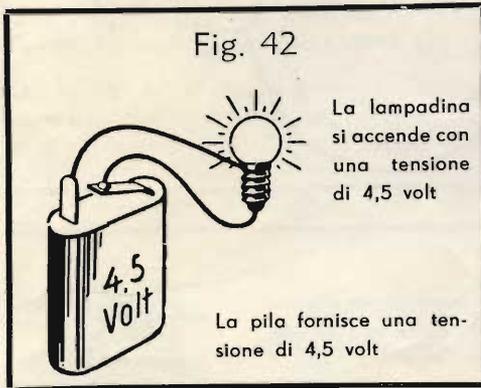
L'intensità di corrente è la quantità di elettricità che passa in un filo nell'unità di tempo, il secondo. Se facciamo il solito confronto con l'acqua, all'intensità di corrente corrisponde la portata, cioè la quantità d'acqua che passa attraverso una sezione del tubo nell'unità di tempo. Ricordiamo dunque la seguente definizione:

Intensità di corrente è la quantità di elettricità che passa attraverso una sezione del filo nell'unità di tempo.

Tensione

La pressione in una caldaia a vapore si misura in atmosfere; la tensione della corrente elettrica si misura in volt. Non è più necessario ormai, fare sempre il paragone con l'acqua e perciò parleremo senz'altro di « tensione » e di «volt ». « Vorrei una pila per una lampadina tascabile da 4,5 volt » dice la gente (fig. 42). « Datemi una lampadina elettrica da 220 volt » dice un tale (fig. 43), mentre un altro va a comprare un ferro da stiro per la tensione di 220 volt.

« Pericolo di morte! Alta tensione » trovate scritto su certi pali delle condutture elettriche, e noi sappiamo che nei fili sostenuti da quei pali passa la corrente elettrica con una tensione elevata di 10.000 volt o anche 100.000 volt: alta tensione (fig. 44).

Queste sono cose di tutti i giorni. Nello studio delle Dispense, voi imparerete che vi sono delle regole precise per la tensione. Voi sapete già che nella rete domestica per la luce la corrente elettrica scorre con una « pressione » di 125 volt oppure 160 volt o anche 220 volt.

Anche senza voler tornare continuamente al paragone dell'acqua dobbiamo osservare che questa viene spinta nei tubi con una determinata pressione, che può variare di volta in volta, per motivi che potete voi stessi immaginare. Torniamo dunque alla nostra tensione. Fissiamo bene l'idea che ci siamo fatti della tensione:

Per tensione in una conduttura di corrente elettrica si intende la pressione, con cui la corrente elettrica viene spinta nel circuito.

Avete fatto conoscenza con due dei tre concetti fondamentali: intensità di corrente, tensione; vi manca di conoscere la *resistenza elettrica*. Ma prima di parlare della resistenza, vogliamo chiarire il concetto di *circuito elettrico*.

Una pompa aspira l'acqua da un bacino e la immette sotto pressione nella tubazione (fig. 45). Alla fine della tubazione l'acqua viene fuori e cade sulla ruota di un mulino, la muove e cade di nuovo nel bacino. Noi possiamo parlare di una circola-

zione di acqua o di un circuito di acqua. Seguite la direzione della freccia nella fig. 45; essa vi indica il percorso dell'acqua, cioè il circuito.

Nel circuito elettrico le condizioni sono simili (fig. 46 e 47). La corrente elettrica lascia la centrale con una certa tensione, porta, sul suo cammino, una lampada all'incandescenza e ritorna alla centrale. Anche qui si ha una circolazione, un circuito.

Resistenza

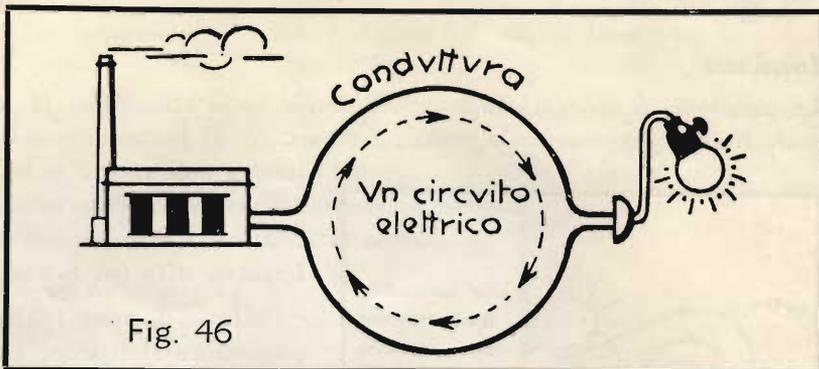
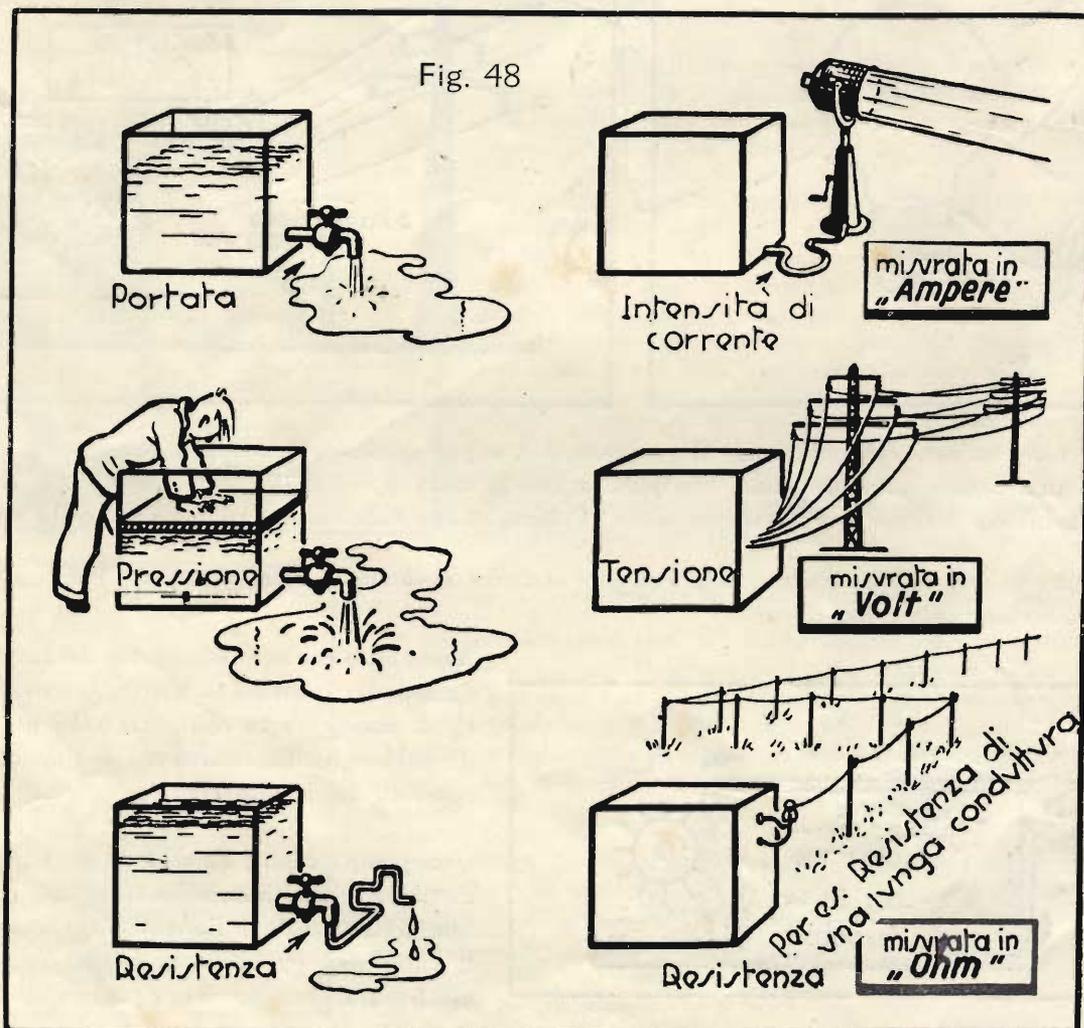
Trattiamo adesso del terzo concetto fondamentale: *resistenza*. La resistenza si misura in *ohm*. Questo nome proviene dal nome del fisico tedesco *Giorgio Simone Ohm*, come avviene per il volt, chiamato così dal fisico italiano *Alessandro Volta*.

Fig. 46

Se voi pompate l'acqua con una certa pressione in una conduttura, alla fine di questa, che supponiamo molto lunga, la pressione non è più quella che c'era alla partenza: la pressione è diminuita. Perchè?

Fig. 47

Le goccioline, che formano gli strati superficiali dell'acqua pompata sotto pressione nel tubo, strofinano contro le pareti dello stesso; esse vengono trattenute da piccole irregolarità delle pareti, poi sfuggono, poi vanno ad arrestarsi un po' più avanti e così via. Le altre goccioline d'acqua che si muovono verso il mezzo del

Fig. 48

tubo sotto la spinta della pressione, urtano contro le goccioline ferme aderenti alle irregolarità delle pareti. Devono spendere una parte della loro pressione per vincere la resistenza offerta dalle goccioline ferme. Così avviene che alla fine di una lunga tubazione, la pressione della massa d'acqua che si muove lungo il tubo non è più uguale alla pressione che c'è in principio: è molto minore. A causa della resistenza della tubazione è andata perduta una parte della pressione.

Voi capite che lo stesso avviene per la corrente elettrica. Le condutture attraverso cui scorre la corrente elettrica presentano una resistenza; alla fine della linea elettrica la tensione è diminuita. Adesso siete in grado di capire che cosa si intende per resistenza:

Resistenza elettrica di un conduttore è la resistenza che il conduttore oppone al passaggio della corrente elettrica.

In questo capitolo voi avete fatto la conoscenza con tre nuovi concetti: intensità di corrente, tensione e resistenza. Le unità di misura sono rispettivamente: ampère, volt e ohm.

Per adesso ne avete imparato abbastanza. Riposatevi un po', lasciate una pausa di un giorno prima di mettervi a studiare il prossimo capitolo di questa Dispensa. Queste pause sono molto utili. Nel frattempo voi andate ripassando nella vostra mente quello che avete imparato finora. Sarete forse anche in grado di fare degli interessanti confronti, come per esempio quelli della fig. 48. Anche se in apparenza non studiate, questo ripassare nella mente vi farà fare un buon tratto di strada avanti. Vi servirà per « digerire » bene la materia studiata.

MATEMATICA

Le equazioni (Continuazione da pag. 20).

Quando avevate da risolvere un'equazione, come per esempio: $4x = 36$, voi lo facevate finora nel seguente modo:

$$4x = 36$$
$$\frac{4x}{4} = \frac{36}{4}$$
$$x = \frac{36}{4}$$
$$x = 9$$

Considerate attentamente lo sviluppo di questo calcolo; nella prima equazione voi trovate il numero 4 che *moltiplica* la x; nella terza riga il quattro si trova nel secondo membro, ma questa volta *divide* il numero 36. Andate adesso a riguardarvi tutti gli esempi già risolti nella Dispensa e vi accorgerete che il numero che moltiplica la x nel primo membro, *viene portato nel secondo membro, ma a dividere*; da

$$4x = 36 \text{ si passa a } x = \frac{36}{4}$$

Regola 2-a: *I numeri che stanno in un membro dell'equazione a moltiplicare, possono essere trasportati nell'altro membro a dividere.*

Esempi:

4) $5x = 30$, $x = \frac{30}{5}$, $x = 6$

5) $4x = 40$, $x = \frac{40}{4}$, $x = 10$

6) $12x = 24$, $x = \frac{24}{12}$, $x = 2$

7) $9x = 3$, $x = \frac{3}{9}$, $x = \frac{1}{3}$

Sono esempi completamente uguali a quelli del N. 1-3. La differenza sta solo che abbiamo meno da scrivere e si fa più presto. Questo è il vantaggio di adoperare la regola 2-a. Naturalmente si può invertire la regola e ottenere la seguente:

Regola 2-b: *I numeri che stanno in un membro dell'equazione a dividere, possono essere portati nell'altro membro a moltiplicare.*

Esempi:

8) $\frac{x}{2} = 3$, $x = 3 \cdot 2$, $x = 6$

9) $\frac{x}{5} = 4$, $x = 4 \cdot 5$, $x = 20$

10) $\frac{x}{10} = 6$, $x = 6 \cdot 10$, $x = 60$

11) $\frac{x}{2} = \frac{1}{20}$, $x = \frac{2}{20}$, $x = \frac{1}{10}$

Risposta alle domande di pag. 17.

1. Se sospendiamo un magnete a sbarra a un filo e lo lasciamo libero di ruotare, si dispone nella direzione nord-sud.
2. Un magnete ha due poli: il polo nord e il polo sud.
3. Per l'attrazione e la repulsione di due magneti vale la seguente regola: poli di nome diverso si attirano, poli dello stesso nome si respingono.
4. Il ferro dolce diventa magnetico solo temporaneamente e perde subito la sua magnetizzazione. L'acciaio o « ferro duro » conserva invece il magnetismo che ha ricevuto.

CONCLUSIONE

Eccovi arrivati alla fine della prima Dispensa; guardatevi bene però di passare subito alla seconda Dispensa. Voi dovete prima imparare e ripetere bene la materia contenuta in questa Dispensa. Dovete infatti, per così dire, « digerire » tanti nuovi concetti, affinchè vi divengano familiari. Lasciate passare un po' di tempo, durante il quale andrete ripetendovi nella mente la materia studiata nella prima Dispensa.

Dovrete fare poi la stessa cosa con ogni Dispensa che studierete. Non andate troppo avanti: ripetete ancora una volta la Dispensa e pensateci su. Penetrerete così sempre più profondamente nella materia e sarete in grado di ripassarla completamente.

Se seguirete questi consigli, voi arriverete a essere padroni completamente della materia della prima Dispensa e allora il vostro successo nella continuazione dello studio sarà assicurato. E vi meraviglierete della facilità con cui andrete avanti nello studio. Per chi è diventato sicuramente padrone dei fondamenti, il resto nello studio diventa un gioco.

Fate tutti gli esempi che trovate nella Dispensa, non solo, ma fatevi da voi stessi degli esempi e cercate di risolverli da soli per vostro esercizio. E imparatevi anche i segni che sono di impiego normalizzato.

A pagina 28 troverete alcuni esercizi che voi cercherete di risolvere.

Potete mandare le soluzioni al nostro Ufficio correzioni. Troverete a pag. 27 le norme per la soluzione e l'invio dei compiti. Se nel corso del vostro studio o nella soluzione dei compiti trovate qualche cosa che non comprendete bene, scrivete al nostro Ufficio correzioni che vi spiegherà quanto occorre.

NORME PER L'ESECUZIONE E L'INVIO DEI COMPITI ALLA CORREZIONE

1. Le soluzioni dei compiti che ci invierete per la correzione dovranno essere scritte su fogli di carta *larghi 21,0 cm* e *alti 29,7 cm*. Questo è il formato unificato UNI A-4 (per la Svizzera VSM A-4). Nella figura che segue è indicata la disposizione del foglio. I fogli già stampati vi faciliteranno il lavoro che sarà così anche più ordinato. Potete ordinarci tali fogli in base al bollettino allegato.

2. Nell'apposito spazio, in alto, scrivete: Cognome e nome, Comune, Via e n.° e il vostro numero di iscrizione che vi è stato comunicato con la nostra lettera di accettazione.
   Più sotto a sinistra, scrivete: Corso Telecomunicazioni e a destra il numero della Dispensa alla quale appartengono i compiti, p. es. « Dispensa N. 2 ».

3. Scrivete su una sola facciata del foglio. Non è necessario trascrivere il testo delle domande. Su di un foglio possono essere indicate più soluzioni, lasciando un breve spazio fra l'una e l'altra.

4. Ricordate che per ogni Dispensa debbono essere risolti indistintamente TUTTI i compiti e che essi devono essere inviati alla correzione tutti insieme, in una sola volta. Ciò è indispensabile per potervi attribuire la giusta votazione. Mancando qualche soluzione i compiti vengono restituiti non corretti e non classificati.

5. Non inviate alla correzione i compiti di più di tre Dispense alla volta; se la soluzione dei compiti vi presenta qualche difficoltà, limitatevi ad inviare i compiti di una Dispensa per volta.

6. Non limitatevi ad indicare il risultato finale, ma esponete anche tutto il procedimento seguito ed i calcoli attraverso i quali siete giunto al risultato; solo in questo modo sarà possibile indicarvi l'errore commesso e « dove » è stato commesso.

7. Ponete particolare cura e ordine nella esecuzione e presentazione dei disegni, che possono essere eseguiti a matita o a inchiostro di China.

8. Richieste di spiegazioni e di consulenza sulla materia di studio devono essere inviate separatamente come lettere ordinarie, unendo sempre per la risposta una busta affrancata e con il vostro indirizzo per la risposta.

9. Rammentate che i voti riportati nella correzione dei compiti servono per il rilascio del certificato di studio finale. Eseguite quindi le vostre soluzioni con cura, dopo avere studiato attentamente, e controllatele scrupolosamente prima di inviarle alla correzione. Otterrete certo risultati migliori.

10. Le soluzioni dei compiti potranno essere inviate alla correzione *entro tre anni* dalla data di iscrizione al corso. L'invio delle Dispense da parte dell'Istituto avviene indipendentemente dalla presentazione dei compiti.

11. Vi preghiamo di *non* inviarci soluzioni di *singoli* compiti scelti da una Dispensa.

12. I compiti possono essere spediti come « MANOSCRITTI APERTI » con notevole risparmio, e ad ogni invio deve essere allegata una busta, con il vostro indirizzo e sufficientemente affrancata per il ritorno. A richiesta, con modica spesa, l'Istituto fornisce una solida cartella con custodia per la spedizione continua dei compiti. Essa ci potrà essere ordinata con il bollettino allegato.

13. Vi preghiamo di INDICARE SEMPRE IL VOSTRO NUMERO DI ISCRIZIONE su tutti i compiti e su tutte le corrispondenze o pagamenti che avrete occasione di inviarci.

Nome Domicilio Via
N° d'iscrizione
Corso: Telecomunicazioni
Dispensa N .....
margine
Spazio per la soluzione dei compiti
Il testo del compito, non deve essere ripetuto. Nel vostro interesse indicate sempre l'intero procedimento di calcolo, affinchè nella correzione possiamo indicarvi a quale punto è stato compiuto un eventuale errore. Mettete in evidenza i risultati sottolineandoli. Vi preghiamo anche di voler facilitare la correzione, scrivendo in modo chiaro e comprensibile
Formato UNI A4
(Svizzera: VSM A4)
Questo spazio è riservato per le correzioni
Foglio 1
25
15
297
10
20
70
210

COMPITI

1. Qual'è la differenza tra un magnete permanente e un magnete temporaneo?

2. *a*) A che cosa serve la vite di contatto S nelle figg. 6 e 7?

   b) Perchè è movibile la vite di contatto?

3. Che cos'è una pila e che cos'è una batteria?

4. Come si possono rendere visibili le linee di forza di un magnete?

5. In che direzione vanno le linee di forza di un magnete: dal polo nord al polo sud o viceversa?

6. *a*) $7a \cdot \frac{1}{a} b = ?$ *b*) $8ab \cdot 5c = ?$ *c*) $5x \cdot 6yz = ?$

7. *a*) $7y = 14$, $y = ?$ *b*) $6x = 1$, $x = ?$ *c*) $15 = 20x$, $x = ?$

8. Conserva di più il magnetismo una sbarra di acciaio o una sbarra di ferro dolce?

9. Che cosa si intende per intensità di corrente e per tensione?

10. *a*) $\frac{x}{5} = \frac{4}{5}$, $x = ?$ *b*) $\frac{x}{2} = \frac{3}{6}$, $x = ?$ *c*) $4x = 1$, $x = ?$ *d*) $\frac{4x}{5} = \frac{6}{3}$, $x = ?$

FORMULE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 1

Formula N.

DISPENSA N°. 2

CORSO DI TECNICA DELLE

TELECOMUNICAZIONI

IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA

ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 2

TABELLE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 2

CORSO DI TECNICA DELLE
TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA | **Dispensa N. 2**

RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

Terminato lo studio della prima Dispensa, avrete avuto agio, nell'intervallo di alcuni giorni, di meditare le nozioni apprese. Vogliamo ripeterle ora brevemente.

La corrente elettrica circolando lungo un filo metallico isolato, avvolto attorno ad una sbarretta di ferro dolce, genera in questa ultima del magnetismo. Questa era la prima cosa che avete imparato. Dopo aver approfondito le vostre cognizioni sugli effetti e sulla costruzione di un elettromagnete (o elettrocalamita), siete già stati in grado di comprendere il funzionamento di un campanello elettrico.

Nel Capitolo seguente avete conosciuto alcune sorgenti di corrente debole e contemporaneamente avete imparato che cosa siano l'elettricità « di sfregamento » e l'elettricità « di contatto ». Voi sapete ormai bene che cosa significhino questi due termini. Alessandro Volta, grande scienziato italiano, costruì la prima pila, basandosi sugli esperimenti fatti da Galvani con le coscie di rana.

La « pila voltiana », come si chiamò questa prima pila, era costituita da piastrine di due metalli differenti, tra le quali era inserito un panno di feltro imbevuto di acqua acidulata. La pila voltiana fu l'inizio dello sviluppo di una serie di altre pile migliori, che vi descriveremo dettagliatamente.

Continuando nella lettura della prima Dispensa, siete stati condotti a visitare una stazione radio, allo scopo di avere un'idea delle operazioni che si compiono durante le trasmissioni e le ricezioni. Avete poi appreso i fondamenti del magnetismo e dell'elettromagnetismo. Vi è stato mostrato che poli uguali si respingono e poli opposti si attraggono. Inoltre vi è stato spiegato, cosa sono il campo magnetico e la direzione delle linee di forza; inoltre come si fa a magnetizzare, cioè a trasmettere il magnetismo ad un cilindro di acciaio che ne sia originariamente privo.

Un Capitolo particolare era dedicato allo studio della corrente elettrica, e avete così appreso i concetti di « intensità di corrente », « tensione » e « resistenza ».

Nel campo della matematica abbiamo trattato dapprima l'addizione, la sottrazione e la moltiplicazione, tutte operazioni che già conoscete sicuramente dalla scuola. Anche parlando delle « equazioni » non si è forse toccato un argomento del tutto nuovo per voi; tuttavia bisogna insistere, perchè vi fissiate bene in mente proprio questo Capitolo, poichè la trasformazione delle equazioni vi sarà molto utile anche per i calcoli più semplici.

È molto importante riflettere bene su tutte le nozioni e « maturare » così, quanto si è appreso. Questo consiglio è molto serio. Dovete meditare varie volte tutta la materia trattata in una dispensa, analizzare le questioni da questo o da quel punto di vista e chiedervi continuamente, se avete veramente ben compreso tutto. Solo dopo questo lavoro coscienzioso tutta la materia di studio sarà diventata vostra proprietà spirituale.

SORGENTI DI CORRENTE NELLA TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI

Pile e batterie

Voi conoscete già i principi secondo i quali sono costituite le pile. Avete infatti imparato come era composta e come funzionava la pila di Volta. Dalla pila voltiana ebbe origine, col tempo, una vera pila elettrica, capace di fornire una quantità assai maggiore di corrente. Ciò si otteneva, immergendo in un vaso di vetro, contenente acido solforico diluito, una piastra di z i n c o ed una piastra di r a m e . La piastra di rame costituiva il polo positivo, quella di zinco il polo negativo della pila.

Collegando le due piastre per mezzo di un circuito conduttore, si otteneva una corrente.

Le due piastre di metallo (quella di rame e quella di zinco) si chiamano « e l e t t r o d i ». La corrente che si forma nella pila, esce dal polo positivo e, attraverso il circuito conduttore, raggiunge il polo negativo; in altre parole, essa scorre dalla piastra di rame alla piastra di zinco.

Avete inoltre già appreso che, invece di una piastra di rame ed una di zinco, si possono pure usare, col medesimo risultato, una piastra di zinco ed una di carbone. Ora è necessario però apprendere altre cose sulle pile. Nell'ultimo capitolo avete già imparato che cosa si intenda per « tensione elettrica ». Ora fra i morsetti degli elettrodi di una pila esiste proprio una tensione elettrica, che si può perfino misurare con un apposito misuratore di tensione che vi spiegheremo in seguito.

Materiali costituenti gli elettrodi delle pile.

La tensione fornita da una pila varia a seconda dei materiali che ne costituiscono gli elettrodi. Esistono certi materiali molto adatti per formare gli elettrodi, perchè, messi in una pila, forniscono tensioni relativamente elevate; altri materiali invece sono meno adatti. Con degli esperimenti si può trovare senz'altro, quali sono i materiali fra i quali, in una pila, si forma la tensione maggiore.

Tabella N. 1		Serie elettrolitica delle tensioni
Materiale		Tensione in volt verso l'alluminio
Alluminio	Metallo non nobile	0,00
Zinco	↓ ↑	0,69
Cromo		0,89
Ferro		1,02
Cadmio		1,03
Nichel		1,20
Piombo		1,32
Rame		1,80
Argento		2,25
Carbone		2,35
Oro	Metallo nobile	2,95

Nella tabella qui accanto sono elencati vari materiali da tenere in considerazione per la fabbricazione di pile.

In questo elenco questi materiali sono disposti in un certo ordine di successione, iniziando cioè con metalli « comuni » e terminando con metalli « nobili », in modo da formare quella che si chiama « serie elettrolitica delle tensioni ».

Osservate che in questa tabella il carbone è compreso tra i due metalli nobili argento e oro.

Non è necessario che impariate questa tabella a memoria, poichè potrete ritrovarla qui in questa dispensa ogni qual volta vi occorrerà.

Affinchè possiate meglio comprendere l'utilità di questa tabella, vi facciamo qualche esempio:

La pila che presenta la massima tensione, e precisamente 2,95 volt, è quella che possiede un elettrodo di alluminio e l'altro di oro. Dato il prezzo, non si usano naturalmente elettrodi d'oro; ma poichè nella « serie delle tensioni » il carbone precede immediatamente l'oro, si possono usare elettrodi di carbone invece che elettrodi d'oro.

Ed eccovi una regola generale:

Si devono sempre scegliere per gli elettrodi dei materiali che siano distanti il più possibile fra loro nella « serie delle tensioni ».

Più vicini sono i materiali nella serie, e più piccola è la tensione sviluppata tra di essi in una pila.

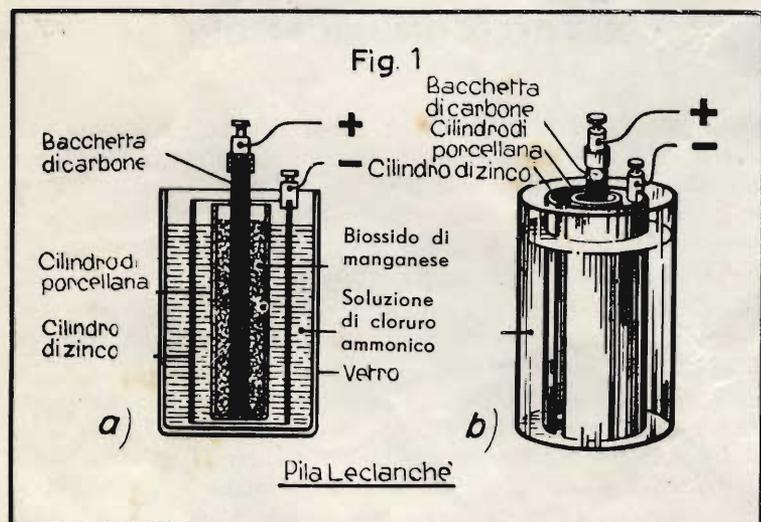
Dalla tabella risulta che la tensione esistente tra rame e piombo è uguale a solamente 1,8 — 1,33 = 0,48 volt.
La tensione tra rame e zinco è invece di 1,80 — 0,69 = 1,11 volt.

La ragione per cui si usa lo zinco invece dell'alluminio, che è molto più diffuso in natura, non occorre venga spiegata qui.

Liquidi usati nelle pile.

Oltre all'acido solforico diluito vengono usati nelle pile altri liquidi, o elettroliti, per usare il termine tecnico, ossia altri acidi diluiti e anche soluzioni di certi sali.

Quando una pila fornisce corrente, nell'interno di essa si sviluppano sempre delle reazioni chimiche, durante le quali uno dei due elettrodi, e precisamente quello costituito da metallo meno nobile, si consuma.

Quando vi diciamo che una pila (costituita da una piastra di zinco ed una di rame, con soluzione diluita di acido solforico come elettrolita) fornisce una tensione di 1,1 volt, dovete però tener sempre presente che la intensità di corrente sviluppata è minuscola. Inoltre questo tipo di pila non è indicato per l'uso pratico, perchè in seguito alla reazione chimica, presso l'elettrodo di zinco si sviluppa continuamente idrogeno; ora questo gas, mescolandosi con l'aria, forma la cosiddetta miscela detonante che può esplodere con facilità. Inoltre le bollicine di idrogeno si depositano sulla superficie dell'elettrodo di rame, isolandolo in tal modo, dopo un certo tempo, dal contatto con l'acido. Una pila di questo genere si esaurisce quindi rapidamente, finchè la sua tensione scompare completamente. Questo effetto non desiderato si chiama p o l a r i z z a z i o n e della pila. Nei capitoli seguenti vedrete in che modo si può ridurre questo inconveniente.

Pila Leclanchè

Pila Leclanchè.

Una pila molto usata in pratica è la cosiddetta « pila Leclanché », che si incontra spesso per esempio negli impianti di campanelli.

Forse voi la conoscete meglio in un'altra sua forma assai comune, quella della pila per

lampadine tascabili. La pila Leclanché è costituita da un bastoncino di carbone ed un bastoncino di zinco immersi in soluzione di cloruro ammonico. L'esperienza dimostrò che è meglio circondare il bastoncino di carbone con un cilindro di terracotta contenente granuli di biossido di manganese. (Il biossido di manganese, detto anche pirolusite, ha la proprietà di fissare l'idrogeno che si forma nella pila; esso serve quindi a ritardare la polarizzazione della pila e a far sì che la tensione diminuisca meno rapidamente). Il bastoncino di zinco viene generalmente sostituito con un cilindro di zinco (fig. 1-*b*). In luogo del cilindro di terracotta si può usare anche un sacchetto contenente i pezzeti di biossido di manganese legato attorno all'elettrodo di carbone. Nella fig. 2 (pag. 3) si vede un siffatto elettrodo di carbone a sacchetto.

Fig.2

Elettrodo a sacchetto di carbone

Pila Bunsen.

Un altro tipo di pila si chiama « p i l a   B u n s e n » dal nome del suo inventore. È costituito da un recipiente di vetro nel quale sono contenuti un robusto cilindro di zinco e un cilindro poroso di terracotta. Nell'interno di quest'ultimo si trova un bastoncino di carbone. Il recipiente principale è riempito di acido solforico diluito; il cilindro di terracotta contiene acido nitrico concentrato. La pila Bunsen fornisce quasi 1,9 volt e la sua tensione non varia quasi per niente.

Pila Daniell.

Va ricordata pure la « p i l a   D a n i e l l », costituita da un cilindro di terracotta circondato da un cilindro di rame e immerso in un vaso di vetro contenente soluzione satura di solfato di rame. Nell'interno del cilindro di terracotta, riempito con acido solforico diluito o con soluzione di solfato di zinco, si trova un bastoncino di zinco. La tensione della pila può raggiungere 1,11 volt.

Le pile finora descritte sono tutte cosiddette pile « a   l i q u i d o » ; di questo genere ne esistono d'altronde numerosi altri tipi, alcuni dei quali sono elencati nella tabella N. 2 a pag. 4.

Elemento singolo di una pila per lampadina tascabile

Pile a secco.

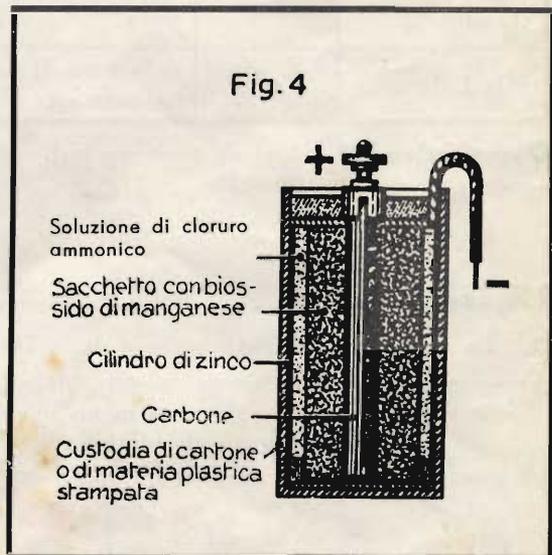
Oltre alle pile « a liquido » esistono pure le cosiddette « p i l e   a   s e c c o ». In queste pile non esiste il vaso di vetro destinato a contenere il liquido elettrolitico; è lo stesso elettrodo di zinco che fa da recipiente, in quanto assume la forma di un bicchierino (fig. 3). In questo bicchierino di zinco è infilato un sacchetto contenente un miscuglio di carbone e biossido di manganese, nonchè un bastoncino di carbone che fa da elettrodo e che sporge dalla parete superiore dell'elettrodo di zinco, come si vede nella fig. 3. La pila a secco è poi riempita con segatura oppure gelatina imbevuta di una soluzione di cloruro ammonico o simile. Il cilindro di zinco, che ha il fondo come un bicchiere, è richiuso in alto con un dischetto di cartone e sigillato con uno speciale mastice o vernice (fig. 4).

Le « batterie per lampadine tascabili » sono costituite da parecchie (generalmente tre) di queste pile. Le cosiddette « batterie anodiche » per apparecchi radio, che forse già conoscete, sono costituite da molte di queste pile.

D'altra parte si fabbricano anche pile a secco di dimensioni maggiori, usate generalmente per l'alimentazione di impianti di campanelli e di segnalazione.

Nella Tabella N. 2 (pag. 4) sono elencate le più importanti pile « a secco » e « a liquido ». Nella tabella sono anche indicati i tipi di elettrodi e di elettroliti usati.

Nei casi, in cui trovate indicati due diversi elettrodi nella medesima pila, essi sono generalmente separati per mezzo di un cilindro di terracotta.

Nella penultima colonna della tabella si trovano i dati sulla cosiddetta « resistenza interna » delle pile. A questo proposito è necessaria una breve delucidazione. Come già avete appreso, ogni conduttore elettrico oppone una certa resistenza al passaggio della corrente. I conduttori che collegano tra di loro gli elettrodi di una pila, p .es. attraverso un campanello oppure una lampadina, costituiscono la parte esterna del circuito. Ma, come abbiamo già accennato una volta, il circuito della corrente si chiude nell'interno della pila. Esattamente come la parte esterna del circuito, anche la parte interna oppone una certa resistenza al passaggio della corrente.

La resistenza della parte interna del circuito si chiama « resistenza interna » della pila. Il suo valore dipende dalle dimensioni della pila e dalla disposizione degli elettroliti.

Domande

1. Da che cosa dipende la tensione di una pila?
2. Che cos'è l'elettrolita di una pila?
3. In quali generi si suddividono i vari tipi di pila? in pratica!
4. Citate alcuni tipi di pile « a liquido » che si usano in pratica!

Tabella N. 2		**Pile galvaniche**				
Designazione della pila	Elettrodo negativo	Elettrolita		Elettrodo positivo	Resistenza interna della pila in ohm	Volt
Pila Daniell	Zinco	Acido solforico al 25%	Solfato di rame	Rame	5	1,7
Pila Bunsen	Zinco	Acido solforico	Acido nitrico fumante	Carbone	0,24	1,88
Pila Meidinger	Zinco	Solfato di magnesio	Solfato di rame	Rame	7,5-10	1,06
Pila Krüger	Zinco	Solfato di zinco	Solfato di rame	Rame	3-8	1,06
Pila Leclanché	Zinco	Soluzione di cloruro ammonico		Carbone (e biossido di manganese)	0,5	1,5
Pila a sacchetto	Zinco	Soluzione di cloruro ammonico		Carbone (e biossido di manganese)	0,06-0,09	1,5
Pila a secco	Zinco	Soluzione di cloruro ammonico		Carbone (e biossido di manganese)	0,15-0,5	1,5
Pila all'acido cromico	Zinco	Acido solforico diluito	Bicromato di potassio	Carbone	0,04	2
Pila Lalande	Zinco	Soluzione di potassa caustica	Ossido di rame	Ferro	0,01-0,06	0,7-0,9

Osservazione: I valori di tensione indicati nella tabella si riferiscono a pile di grandezza uguale comunemente usata.

MATEMATICA

3. Le equazioni (Continuazione dalla Dispensa N. 1, pag. 25).

Avete appreso per ultimo due regole, di cui la regola 2-a diceva quanto segue:

« I numeri che stanno in un membro dell'equazione a moltiplicare, possono essere trasportati nell'altro membro a dividere ».

Un esempio vi servirà meglio a richiamare alla memoria la regola:

$$7x = 35$$
$$x = \frac{35}{7}$$
$$\underline{x = 5}$$

La regola 2-a si può usare anche all'incontrario, e diventa allora la regola 2-b. Eccone un esempio:

$$\frac{x}{4} = 2{,}5$$
$$x = 2{,}5 \cdot 4$$
$$\underline{x = 10}$$

Alle volte capita che l'incognita x sia nello stesso tempo moltiplicata per un numero e divisa per un altro, p. es. nel seguente caso:

$$\frac{x2}{3} = 6$$

Anche questa equazione si può risolvere usando le regole che abbiamo imparate. Dobbiamo trasformarla in modo che alla fine rimanga nel primo membro soltanto l'incognita x.

Cominciamo con l'eliminare il 3, che si trova sotto la linea di frazione. Usando la regola 2-b, eliminiamo il 3 moltiplicando per 3 il secondo membro; l'equazione $\frac{2x}{3} = 6$ si trasforma quindi nella seguente:

Ora però la x non è ancora isolata, poichè si trova ancora unita al fattore 2. Usando la regola 2-a eliminiamo questo 2 dividendo il secondo membro dell'equazione per 2, e pertanto l'equazione $2x = 6 \cdot 3$ diventa

$$x = \frac{6 \cdot 3}{2}$$

Possiamo ora calcolare il secondo membro ed otteniamo il risultato cercato:

$$x = 9$$

Esempi:

$\frac{7x}{3} = 7$	$\frac{5x}{2} = 25$	$\frac{3x}{6} = 2$
$7x = 7 \cdot 3$	$5x = 25 \cdot 2$	$3x = 2 \cdot 6$
$x = \frac{7 \cdot 3}{7}$	$x = \frac{25 \cdot 2}{5}$	$x = \frac{2 \cdot 6}{3}$
$x = 3$	$x = 10$	$x = 4$

Risposta alle domande di pag. 3

1. La tensione di una pila dipende principalmente dai materiali che costituiscono gli elettrodi.
2. L'elettrolita è liquido, nel quale sono immersi gli elettrodi di una pila. P. es. l'acido solforico diluito è un elettrolita.
3. Le pile si dividono in pile « a liquido » e pile « a secco ».
4. La pila Leclanché e la pila Bunsen sono pile a liquido usate in pratica.

TECNICA DEI COLLEGAMENTI

I collegamenti, di cui si tratta nella elettrotecnica, riguardano la connessione reciproca delle sorgenti di corrente e degli utilizzatori di corrente fra di loro e con la relativa rete di conduttori.

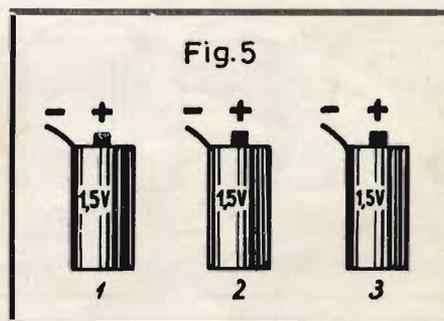
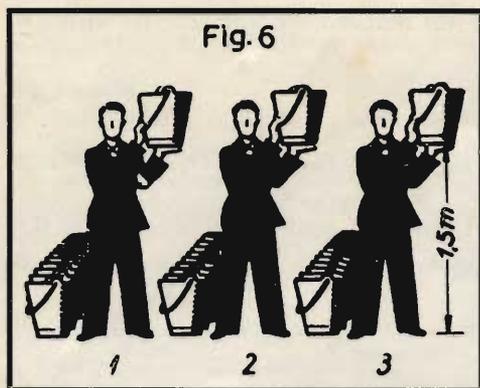
Nella Dispensa N. 1 e nel primo Capitolo di questa Dispensa avete conosciuto le più semplici sorgenti di corrente, le cosiddette « pile ». Ora dovete apprendere come si possono collegare tra di loro parecchie dí queste pile in modo da formare delle batterie. Di questo trattano appunto i Capitoli seguenti.

Collegamento di pile

La fig. 5 mostra tre pile isolate. Ognuna di queste pile ha una tensione di 1,5 volt, in altre parole ognuna di queste pile è capace di « spingere » l'elettricità con una certa forza che si misura appunto in volt. La corrente fornita da una pila non deve però superare una certa intensità.

D'altra parte l'intensità di corrente dipende dalle proprietà dell'utilizzatore di corrente allacciato. Esistono infatti utilizzatori che per funzionare consumano molta corrente, altri che ne abbisognano di poca.

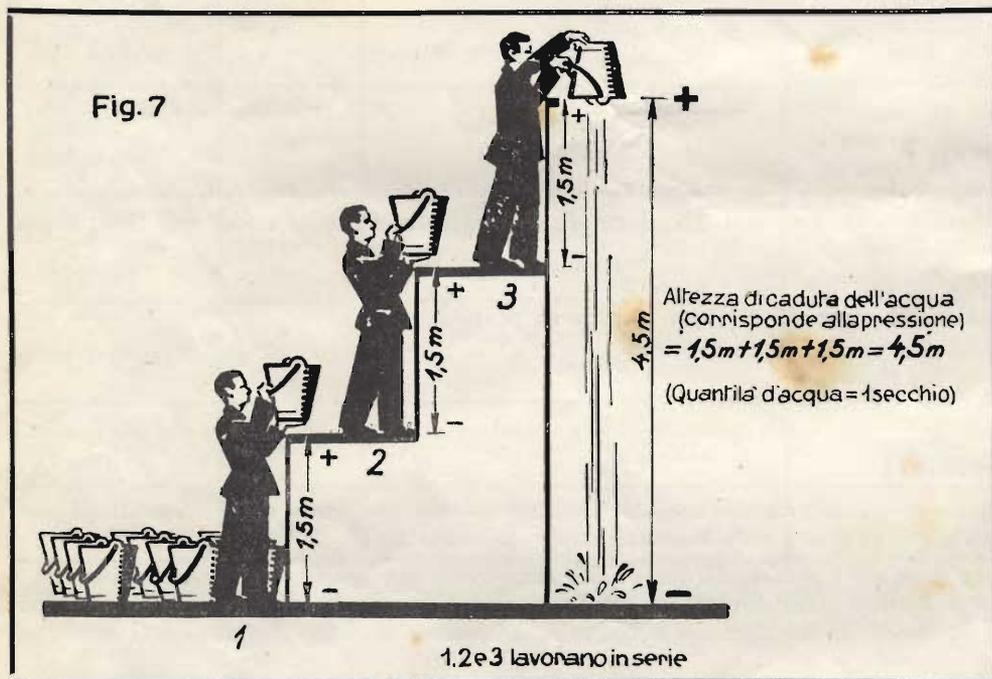
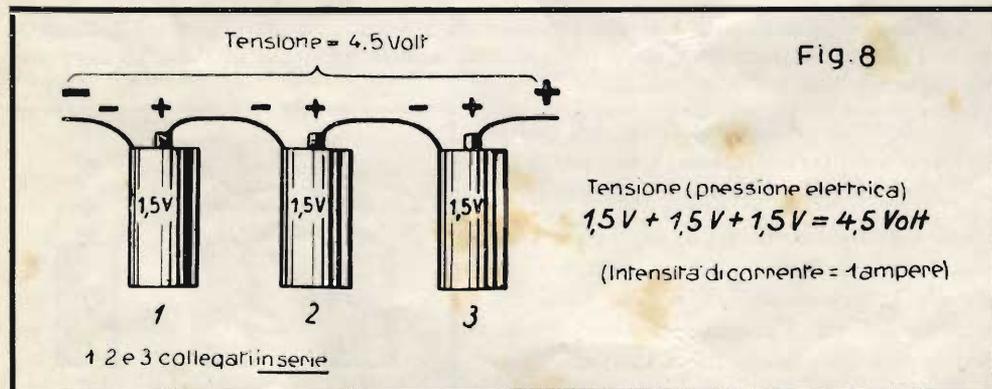
Pensate per analogia ad una fontana a zampillo. Una piccola fontana ha una piccola corrente d'acqua, una grnde fontana ha una grande corrente d'acqua. E per quanto riguarda la pressione dell'acqua, possiamo pure fare una analogia: se la pressione è forte, l'acqua zampillerà molto in alto, se invece è debole, ne conseguirà un'altezza limitata dello zampillo. Quello che nel caso della fontana è la pressione dell'acqua, nel caso della corrente elettrica è la « tensione ».

Qui però si vuole parlare di sorgenti di corrente. Paragoniamo le nostre tre sorgenti di corrente, cioè le tre pile della fig. 5, a tre uomini capaci di sollevare ciascuno un secchio pieno di acqua all'altezza di 1,5 metri (fig. 6).

Per il momento le nostre pile della fig. 5 non erogano ancora alcuna corrente, però esse si trovano « sotto tensione ». Anche i tre uomini della fig. 6 non erogano ancora nulla della loro acqua. Ciononostante, l'acqua nei secchi sollevati possiede già una certa pressione che si può utilizzare; basterebbe infatti che gli uomini rovesciassero i secchi e lasciassero scorrere l'acqua.

Collegamento in serie.

La pressione esercitata dall'acqua rovesciata dai secchi, sarà tanto più forte, quanto maggiore sarà l'altezza, alla quale gli uomini avranno sollevato i secchi e dalla quale avranno rovesciato l'acqua.

I tre uomini che abbiamo paragonato alle tre pile tengono sollevati i secchi all'altezza di 1,5 metri. La tensione di ciascuna delle pile della fig. 5 ammonta a 1,5 volt.

Se ora i tre uomini si dispongono in maniera adeguata, unendo i loro sforzi, ossia mettendosi nel giusto c o l l e g a m e n t o tra loro, essi saranno in grado di sollevare l'acqua ad un'altezza tre volte superiore, ossia di triplicare la pressione dell'acqua rovesciata. La fig. 7 dimostra come devono procedere i tre uomini. L'uomo « 1 » porge il suo secchio all'uomo « 2 »; questo lo passa all'uomo « 3 ». In definitiva, mentre l'uomo « 1 » è capace di sollevare il secchio d'acqua ad un'altezza di 1,5 metri soltanto, per mezzo della collaborazione con il suo compagno « 2 » può portare il secchio a 3 metri (1,5 metri + 1,5 metri); se poi partecipa anche il compagno « 3 », l'altezza complessiva di caduta dell'acqua aumenterà ancora e diventerà uguale a 4,5 metri. Invece la quantità d'acqua che i tre uomini sono in grado di rovesciare, è sempre uguale a quella contenuta in un secchio. Possiamo dunque fare la seguente constatazione: *Nel modo, in cui collaborano i tre uomini della fig. 7, passandosi il secchio, uno dopo l'altro, è possibile aumentare solamente la pressione dell'acqua*. I tre uomini si sono disposti « uno dietro l'altro »; l'effetto della loro azione è: aumento della pressione dell'acqua in seguito all'aumento dell'altezza di caduta dell'acqua stessa.

Torniamo ora alle nostre tre pile. Ogni pila possiede, come sappiamo, una tensione (pensate alla pressione dell'acqua!) di 1,5 volt. Spesso però non si può far nulla con una tensione di solo 1,5 volt. Per esempio vorremmo accendere una piccola lampadina; ma la tensione che occorre a questo scopo, ammonta almeno a 4,5 volt.

Poichè però disponiamo di tre pile da 1,5 volt ciascuna, basta collegare le tre pile una dietro l'altra per ottenere una tensione di 4,5 volt.

Osserviamo in proposito la fig. 8. Il polo positivo della prima pila è collegato col polo negativo della seconda pila. Il polo positivo della seconda pila è collegato col polo negativo della terza. Questo collegamento di una pila dietro l'altra è quello che in elettrotecnica si chiama: c o l l e g a m e n t o i n s e r i e. Si dice quindi che le tre pile sono collegate in serie. La tensione elettrica complessiva che viene fornita da tre pile da 1,5 volt collegate in serie è uguale a 4,5 volt.

Supponiamo che una delle tre pile possa fornire al massimo una c o r r e n t e di 1 ampère. Allora anche le tre pile collegate in serie non possono fornire più di 1 ampère. Infatti se osservate di nuovo la fig. 7 vedete che i tre uomini hanno sollevato un solo secchio (quantità d'acqua = 1 secchio) all'altezza di 4,5 metri e l'hanno rovesciato da quell'altezza. Invece la pressione esercitata dall'acqua è aumentata, essendo aumentata a 4,5 metri l'altezza, dalla quale essa viene rovesciata. E la conclusione, riportata in termini elettrotecnici, è la seguente:

Nel collegamento in serie di pile, la tensione è uguale alla somma delle singole tensioni. La intensità di corrente invece rimane inalterata.

Viste dall'alto, le tre pile collegate in serie e costituenti in tal modo una batteria, corrispondono alla fig. 9-*a*. Voi conoscete però fin dalla prima Dispensa la rappresentazione schematica, nella quale il polo positivo è raffigurato da un tratto corto e grosso, quello negativo da un tratto lungo e sottile. Usando questa rappresentazione, otteniamo la fig. 9-*b*. Negli schemi elettrici si fa però a meno delle lunghe linee di collegamento fra le singole pile, e si disegna la batteria così come è indicato nella fig. 9-*c*.

Fig. 9

a) b) c) Collegamento in serie

Collegamento in parallelo.

Nella fig. 10 si vede un altro modo, in cui possono collaborare i tre uomini coi loro secchi. Anche ora ognuno di loro è capace di sollevare un secchio all'altezza di 1,5 metri. Questa volta però essi non si sono disposti uno dietro all'altro, bensì uno accanto all'altro, parallelamente, e rovesciano assieme il contenuto dei loro secchi. In tal modo i tre uomini non hanno aumentato l'altezza dalla quale viene rovesciata l'acqua, che è sempre 1,5 metri, però invece di rovesciare un solo secchio ne rovesciano tre assieme, e hanno quindi aumentato la q u a n t i t à d i a c q u a . La pressione dell'acqua invece rimane la stessa. È dunque chiaro che, nel modo in cui collaborano i tre uomini nella fig. 10, cioè uno accanto all'altro, « in parallelo », per dirla con termine elettrotecnico, è possibile soltanto aumentare la quantità d'acqua rovesciata, ma non la pressione esercitata dall'acqua, che rimane inalterata.

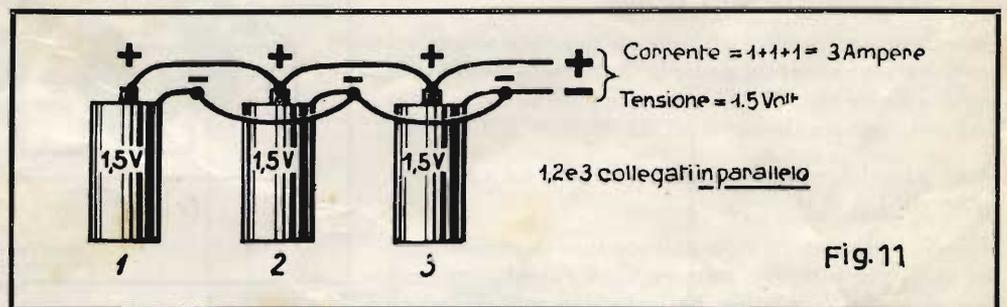
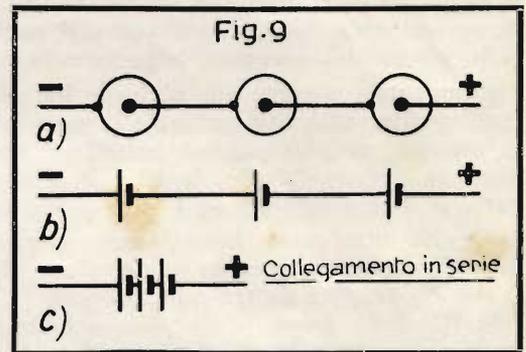
Anche nel caso delle nostre pile è la stessa cosa. Osservate infatti la fig. 11, nella quale le tre pile sono collegate una accanto all'altra, cioè « i n p a r a l l e l o ». Ciascuna pila fornisce una tensione di 1,5 volt. Le tre pile in parallelo forniscono pure soltanto 1,5 volt, poichè la tensione elettrica, analogamente alla pressione dell'acqua nel caso degli uomini coi secchi, rimane inalterata. Invece la intensità di corrente che le tre pile possono erogare assieme, è più grande di quella che può dare una singola pila. Infatti, se pensate ancora al paragone della figura 10, notate che i tre uomini lavorano assieme, in parallelo, e rovesciano assieme i loro secchi d'acqua. Quindi la quantità d'acqua è maggiore. La stessa cosa avviene per le tre pile.

Se ognuna delle pile è capace di erogare da sola una corrente di 1 ampère, le tre pile collegate in parallelo potranno dare insieme 3 ampère.

Ed ecco quindi la conclusione:

Nel collegamento in parallelo di varie pile, la corrente risultante è uguale alla somma delle correnti erogate dalle singole pile. La tensione invece rimane inalterata.

Osservate di nuovo, dall'alto, le tre pile collegate in parallelo, Si presentano come è disegnato nella fig. 12-*a*. Tutti i poli positivi sono collegati fra di loro. Noterete inoltre, e questo può servirvi d'aiuto alla memoria, che i conduttori di collegamento tra le singole pile sono paralleli tra loro. La fig. 12-*b* mostra la giusta rappresentaione schematica della batteria, costituita dalle pile collegate in parallelo, e nella fig. 12-*c* si vede ancora, co-

me negli schemi si risparmia spazio, avvicinando tra loro i simboli delle singole pile. Riassumendo, sono da tener presenti le seguenti regole:

Nel collegamento i n s e r i e di varie pile si sommano le t e n s i o n i .
Nel collegamento i n p a r a l l e l o di varie pile si sommano le c o r r e n t i.

Alcuni esempi d'applicazione.

Un esempio pratico di collegamento in serie di pile singole è la batteria per lampadine tascabili, nella quale sono riunite tre pile da 1,5 volt in modo da dare una tensione risultante di 4,5 volt.

Dieci singole « celle » o « elementi » (come si chiamano anche le pile singole) collegati in serie danno una tensione di 15 volt. Se ogni singola cella eroga 2 volt e si mettono in serie 6 di tali celle, allora alle estremità della batteria si hanno 12 volt.

Sicuramente conoscete già anche le batterie d'accumulatori, sia quelle della radio che quelle dell'automobile o della moto. Forse sapete pure che esistono batterie d'accumulatori da 4 volt, altre da 6 volt e anche da 12 volt. Nella fig. 13 si vede una batteria d'accumulatori da 4 volt.

In realtà tutte queste batterie sono costituite sempre da varie celle. Ogni cella d'accumulatore eroga una tensione di 2 volt. Pertanto una batteria da 6 volt è costituita da tre celle collegate i n s e r i e (fig. 14). Per determinati scopi esistono perfino grosse batterie d'accumulatori che danno una tensione di 220 volt. È ormai facile per voi calcolare che una siffatta batteria deve essere costituita da 110 elementi.

Batteria d'accumulatori costituita da due celle da 2 Volt

Sia gli accumulatori che le pile sono sorgenti di corrente. Tuttavia esiste fra di essi una differenza sostanziale: le pile però forniscono corrente da esse stesse generata, mentre nel caso degli accumulatori occorre dapprima introdurre in essi una certa quantità di corrente, che essi sono in grado di restituire più tardi. Come dice la stessa parola, gli accumulatori accumulano, cioè immagazzinano corrente che può così essere tenuta in serbo per usarla più tardi. In un capitolo successivo apprenderete maggiori e più precisi particolari sugli accumulatori.

Come abbiamo prima parlato di batterie d ' a c c u m u l a t o r i a tensione elevata, così dobbiamo ricordare che esistono anche b a t t e r i e costituite da un gran numero di piccole pile a secco simili a quelle delle figure 5 e 8, capaci di erogare esse pure tensioni elevate. Si tratta delle « batterie anodiche », che forse conoscete già dalla radio.

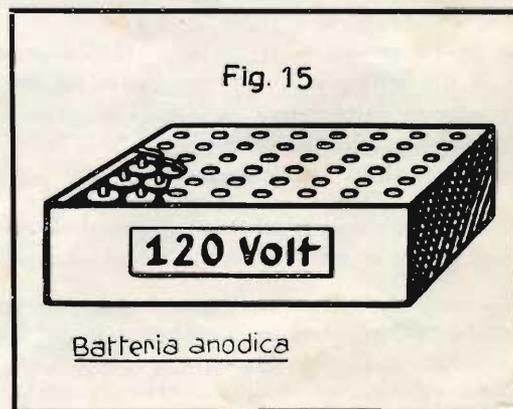
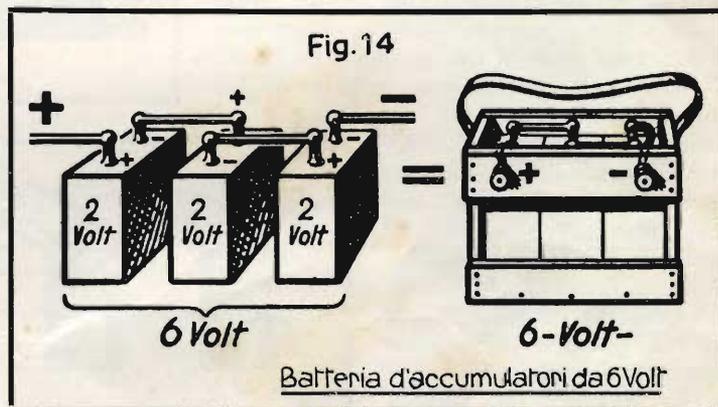
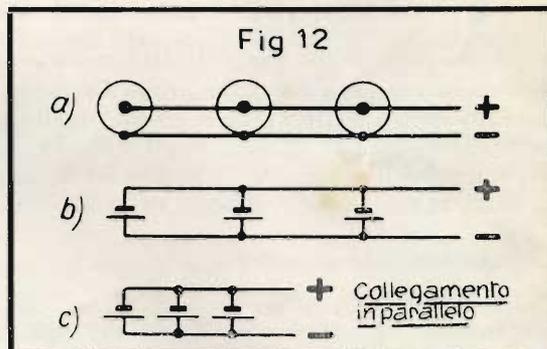
Batteria d'accumulatori da 6 Volt

Una batteria anodica di questo genere, usata nei cosiddetti « ricevitori radio a batteria », è rappresentata nella fig. 15. Si costruiscono batterie anodiche p. es. per le tensioni di 90, 100 o 120 volt.

Ogni singola cella di queste batterie ha una tensione di 1,5 volt.

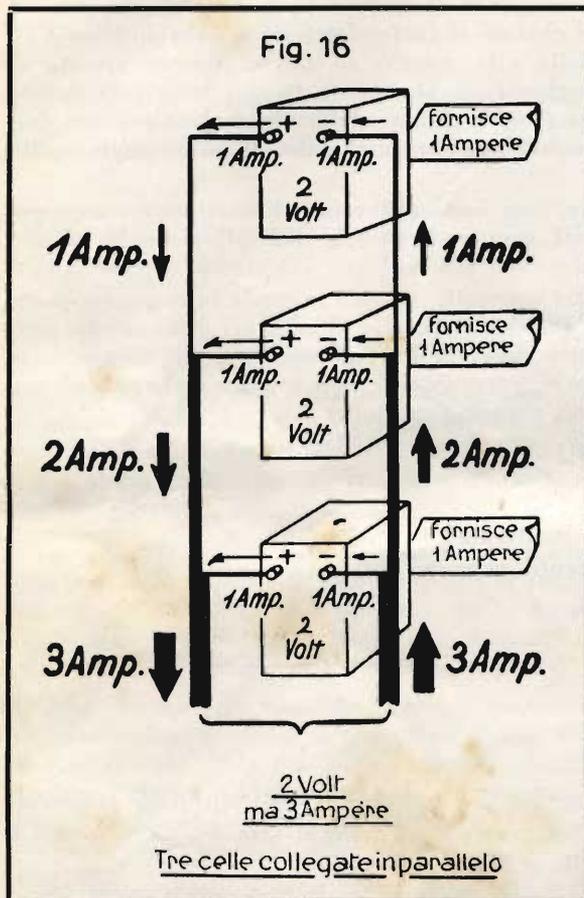
Ora vi si presenterà sicuramente una domanda: come mai, per ottenere una tensione elevata, in certi casi si usano le costose batterie d'accumulatori, e in altri casi le batterie anodiche, che costano molto meno? La ragione è assai semplice: le batterie d'accumulatori, più grosse e voluminose, possono dare più corrente, ossia erogare un'i n t e n s i t à d i c o r r e n t e maggiore delle batterie anodiche oppure delle batterie per lampadine tascabili, composte di piccole, deboli pile a secco.

Batteria anodica

Poichè nelle batterie anodiche si vuole ottenere soltanto una t e n s i o n e e l e v a t a , si collegano gli elementi i n s e r i e . Se invece occorresse una forte i n t e n s i t à d i c o r r e n t e , si collegherebbero i n p a r a l l e l o . Questo scopo si può raggiungere in pratica in modo anche più semplice, costruendo una sola cella grossa in luogo di tante piccole celle collegate in parallelo. Così per esempio una grossa pila a secco del tipo descrittovi nel primo capitolo di questa Dispensa può erogare una corrente

molto più forte di quella che può fornire una cella di una batteria tascabile.

Anche le celle degli accumulatori si fabbricano di tipi piccoli e grandi, secondo che si richieda l'erogazione di correnti piccole o grandi. Per determinate ragioni non si supera però mai una certa grandezza massima e pertanto, se si vuole ottenere ugualmente una corrente superiore, occorre collegare le celle della batteria in parallelo (fig. 16).

Voi sapete ormai che, collegando in parallelo varie pile, le loro correnti si sommano. La stessa cosa avviene anche, collegando in parallelo varie celle d'accumulatori. L'intensità di corrente che percorre l'estremità dei conduttori uscenti, è uguale a 3 ampère, poichè ciascuna cella eroga 1 ampère. La tensione invece (la « pressione » elettrica) rimane inalterata, ossia uguale a 2 volt. Quindi: u n a sola cella d'accumulatore eroga l'intensità di corrente di 1 ampère; le t r e celle in parallelo possono erogare un'intensità di corrente di 1 ampère + 1 ampère + 1 ampère = 3 ampère.

Tre celle collegate in parallelo

Anche se voi metteste in parallelo 100 celle d'accumulatore da 2 volt, la tensione rimarrebbe sempre 2 volt, mentre la intensità di corrente che potreste prelevare ammonterebbe a 100 ampère.

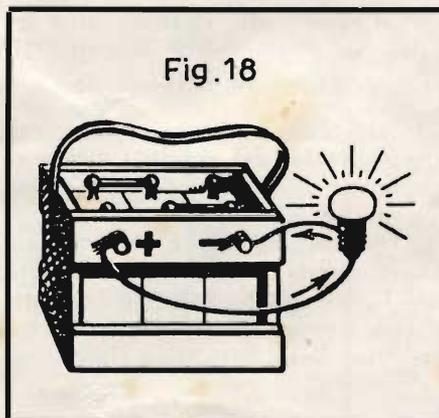
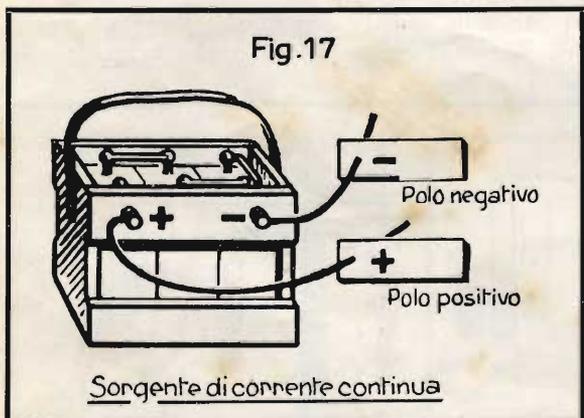
Come già sapete, ogni pila possiede due poli, cioè il p o - l o + e il p o l o —, ossia il polo p o s i t i v o e il polo n e g a t i v o. Anche nelle batterie si distinguono sempre un polo positivo ed un polo negativo (fig. 17).

Avete certamente già sentito che in elettrotecnica esistono due specie di correnti, la c o r r e n t e c o n t i n u a e la c o r r e n t e a l t e r n a t a. Quando si lavora con correnti continue deboli, si applica la t e c n i c a d e l l e c o r r e n t i d e b o l i ; così pure, quando si lavora con deboli correnti alternate.

Il campo della t e c n i c a d e l l e c o r r e n t i f o r t i abbraccia invece l'applicazione delle correnti forti, siano esse continue come alternate. Sovente i due campi si sovrappongono, e non è più possibile tracciare un limite esatto tra di essi. Per ora vogliamo occuparci soltanto di corrente continua, e precisamente della tecnica delle correnti deboli nell'ambito della corrente continua. Solo più tardi parleremo delle correnti alternate.

Quando colleghiamo una piccola lampadina a incandescenza ad una sorgente di corrente continua (fig. 18), la corrente scorre, partendo dal polo positivo, lungo i fili di collegamento attraverso la lampadina e torna al polo negativo della sorgente stessa Il circuito si chiude poi nell'interno della batteria.

Se la tensione fosse uguale a zero, non potrebbe scorrere alcuna corrente. Infatti, pensando ancora al paragone con l'acqua, sarebbe come se non esistesse nessuna pendenza, nessuna caduta, nessun dislivello. È soltanto il dislivello che fa scorrere l'acqua dei fiumi e dei ruscelli (fig. 19). Più alta è la montagna dalla quale scorre o precipita l'acqua, più grande insomma è il dislivello, e maggiore diventa anche la pressione dell'acqua.
(Pensate anche ai tre uomini della fig. 7).

Sorgente di corrente continua

Ora si disegnerà con « p i ù » ciò che è in a l t o , con « m e n o », quanto si trova in b a s s o . Nel caso della corrente elettrica, il dislivello che produce a sua volta la pressione si chiama, come sapete, t e n s i o n e . La corrente elettrica scorre dal più al meno. Non è affatto difficile dimostrare che l'elettricità scorre in un senso ben determinato, e che questo senso della corrente è subordinato sempre a certe leggi. Fin dagl'inizi delle indagini sull'elettricità, gli scienziati scoprirono l'esistenza della corrente elettrica, pur senza po-

ter meglio conoscere l'essenza dell'elettricità stessa, e per poter procedere nei loro studi, si aiutarono col paragone dell'acqua corrente.

Si disse quindi che anche la corrente elettrica doveva scorrere dall'elettrodo situato al livello elettrico superiore all'elettrodo situato al livello inferiore.

Si trattava quindi di mettersi d'accordo nel definire, quale dei due poli di una pila fosse da ritenersi situato al livello elettrico superiore. L'uso comune portò a designare come livello elettrico superiore quello del metallo meno aggredito dalla soluzione elettrolitica: il rame. In base a questo ragionamento, la piastra di rame doveva essere sede di una carica elettrica maggiore, ossia di un sovrappiù d'elettricità, per cui si chiamò il rame elettrodo o polo positivo (+) della pila, mentre lo zinco, ritenuto situato al livello elettrico inferiore, venne chiamato elettrodo o polo negativo (—). Da questa ipotesi sulla pila deriva subito il concetto della corrente che scorre dal rame (+) allo zinco (—), e rimane determinata la direzione della corrente. Non dimentichiamo però che si tratta solo di una costruzione convenzionale, di un'immagine utile per fissare le idee, ma priva di un'effettiva realtà fisica.

Una rilevante differenza di livello (ossia, per la corrente elettrica, una forte differenza di tensione) si esprime con un alto « voltaggio », cioè con un numero elevato di volt; all'incontro il piccolo dislivello, cioè la piccola differenza di tensione, si esprime con un basso « voltaggio ».

La moderna teoria dell'elettricità dimostra che l'ipotesi dei nostri antenati, secondo la quale la corrente scorre dal più al meno, è errata, poichè nella maggioranza dei casi le cariche elettriche elementari si muovono proprio nel senso opposto, cioè dal meno al più. Tuttavia noi accetteremo per ora la vecchia convenzione della corrente che scorre dal più al meno, poichè essa è di più facile comprensione e non implica del resto alcuna modifica all'interpretazioni dei fenomeni che verranno descritti nei prossimi capitoli.

Domande

1. Quali specie di collegamenti di pile conoscete?
2. Collegando in serie varie pile la tensione aumenta o rimane inalterata?
3. Se quattro pile, capaci ciascuna di erogare 1 ampère di corrente, vengono collegate in serie, qual'è la corrente che potrà erogare l'intiera batteria?

COLLEGAMENTO DI IMPIANTI DI CAMPANELLO

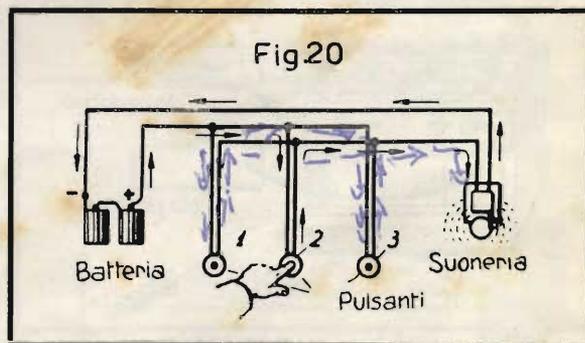
Nella Dispensa N. 1 avete conosciuto un impianto semplice di campanello, costituito dalla suoneria, dal contatto a pulsante, dalla batteria e dalle linee. Nel presente capitolo si farà un passo avanti e si tratterà dei collegamenti degli impianti di campanelli.

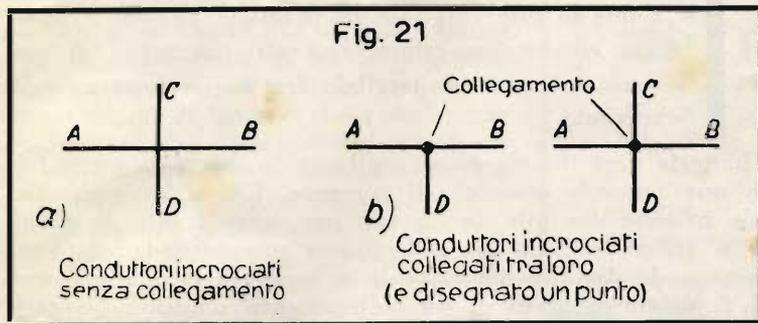
Collegamento semplice delle pile

Se si deve poter far suonare un campanello elettrico, non da un posto solo, ma da vari posti, ci devono essere naturalmente più pulsanti per poter stabilire il contatto. Il collegamento si esegue allora conformemente alla figura 20.

Seguite ora nella figura il circuito della corrente, nell'ipotesi che il contatto venga stabilito per mezzo del pulsante mediano « 2 ». La direzione della corrente è indicata nella figura con piccole frecce. Pensate poi, come sarà il circuito premendo i pulsanti « 1 » oppure « 3 ». Questa domanda è un compito per voi! (vedasi i compiti per questa Dispensa a pag. 25). Disegnate in entrambi i casi lo schema completo e indicate la direzione della corrente con frecce. Tenete presente che la corrente parte dal polo positivo della batteria e ritorna al polo negativo della stessa.

Nello schema della fig. 20 è schizzata una batteria costituita da due pile collegate in serie. Ricordate le proprietà del collegamento in serie e del collegamento in parallelo di pile? Collegando più pile in serie, si sommano le tensioni (voltaggio) delle singole pile, mentre, collegandole in parallelo, si sommano le correnti (amperaggio). Pensate ai tre uomini coi secchi d'acqua!

Per poter disegnare i vostri schemi, dovete sapere che negli schemi elettrici le linee che si incrociano, n o n

significano che esse siano in collegamento fra loro (fig. 21-*a*. Quindi la corrente non può passare da « A » a « C » oppure « D », ma soltanto verso « B ». Essa non può neppure passare da « D » ad « A » o « B », ma solo a « C », e rispettivamente da « C » a « D ». Non esiste quindi alcun collegamento tra il conduttore « A » — « B » ed il conduttore « C » « D ». Fissiamo quindi la seguente convenzione:

Negli schemi, le linee semplicemente incrociate indicano che fra di loro non esiste alcun collegamento elettrico.

Se si vuole invece indicare che due linee sono collegate elettricamente nello schema, bisogna segnare nel punto d'incrocio, cioè proprio dove dovrebbe esserci il contatto, un grosso punto (fig. 21-*b*). (Immaginatevi che il punto rappresenti la saldatura tra le due linee collegate).

In questo caso, cioè nella rappresentazione della fig. 21-*b* (a sinistra), la corrente può passare da « A » in « B » e in « D » come pure da « B » in « A » e in « D ». Lo schema a destra nella fig. 21-*b* indica due linee che si intersecano e che sono nello stesso tempo collegate elettricamente. La corrente può passare da « A », suddividendosi nel punto d'incrocio, contemporaneamente in « B », « C » e « D ». Essa potrebbe anche scorrere, provenendo da « D », verso « A », « C » o « B ». Concludendo :

Negli schemi, le linee che si incrociano e che presentano nell'intersezione un grosso punto, indicano che esse sono collegate tra loro.

In certi casi può essere richiesto un impianto dotato di due campanelli ma predisposto in modo che, quando si preme il pulsante, suoni sempre soltanto o l'uno o l'altro di essi. Per raggiungere questo scopo si usa un commutatore, come schizzato nella fig. 22. Questo commutatore lascia passare la corrente attraverso la suoneria « 1 » oppure alla suoneria « 2 », secondo la posizione, in cui si trova, e si presenta all'incirca come è mostrato nella fig. 23.

Fig. 22

Secondo la posizione del commutatore C, premendo il pulsante suonerà l'uno oppure l'altro campanello

Disegnate ora nel vostro quaderno d'esercitazione (che dovrebbe sempre trovarsi a portata di mano durante lo studio delle Dispense) il collegamento della fig. 22 e indicate con le frecce il percorso della corrente per entrambe le posizioni del commutatore. Ciò vi potrà servire d'esercizio.

Quando si desidera che, premendo il pulsante, suonino contemporaneamente due campanelli situati in locali diversi, bisogna effettuare il collgamento della fig. 24. Premendo indifferentemente, sia il pulsante « 1 », come il pulsante « 2 » suoneranno in ogni caso entrambi i campanelli. Dallo schema risulta inoltre chiaramente che le due suonerie sono collegate in serie tra loro.

Alle volte potrebbe darsi che la tensione delle due pile collegate in serie non fosse sufficiente per far funzionare i due campanelli. In questo caso non esiste altro rimedio che quello di aumentare la tensione, il che si ottiene, aggiungendo altre pile in serie.

Commutatore

Per comprendere meglio quest'affermazione, pensate ai tre uomini coi secchi pieni d'acqua. Se essi si dispongono uno dietro l'altro (cioè in serie), l'altezza di caduta e quindi la pressione dell'acqua diventano maggiori. La « pressione » dell'acqua corrisponde alla «pressione» elettrica, cioè alla tensione. Collegando quindi più pile in serie, è possibile aumentare la tensione e ottenere il valore sufficiente per il funzionamento di entrambe le suonerie.

Fig. 24

Disegnate ora nel quaderno il medesimo impianto a commutazione con due campanelli collegati in serie come nella fig. 24, e con una batteria costituita da quattro celle

Collegamento «misto» delle pile

Se ci sono parecchi campanelli che devono suonare tutti contemporaneamente, quando si preme uno qualsiasi di vari pulsanti, bisogna di solito eseguire i collegamenti segnati nella fig. 25. In questo caso tutte le suonerie sono collegate in parallelo. Occorre quindi che la batteria sia in grado di erogare un'intensità di corrente superiore che non nel solito caso, poichè:

> Come le pile collegate in parallelo possono erogare una corrente maggiore, così gli utilizzatori di corrente collegati in parallelo fra loro consumano più corrente.

La batteria deve quindi essere collegata in modo da poter fornire una notevole quantità di corrente. Ciò si ottiene, mettendo in serie due pile da 1,5 volt per avere 3 volt. In parallelo a questa batteria ne colleghiamo una seconda costituita essa pure da due pile da 1,5 volt in serie tra loro, e abbiamo così il primo esempio di un collegamento « misto » di pile. Spesso si richiede la costruzione di un impianto di campanelli nel quale premendo l'uno dei due pulsanti vengano azionate due suonerie, premendo l'altro pulsante funzioni una suoneria sola. Si eseguisce allora il collegamento come è indicato nella fig. 26. Se le due suonerie sono uguali, premendo il pulsante « 1 » esse suoneranno più piano di quanto suoni la suoneria sola quando si preme il pulsante « 2 ». Ciò è facilmente comprensibile, in quanto nel primo caso le due suonerie sono collegate in serie, mentre nel secondo caso vi è una sola suoneria alimentata però sempre dalla medesima batteria. Infatti:

> Come le pile collegate in serie erogano una tensione superiore, così gli utilizzatori di corrente collegati in serie tra loro richiedono una tensione superiore.

DISPOSITIVO DI CHIAMATA A CARTELLINI

Spesso accade che un campanello si debba poter azionare da vari locali, nei quali sono situati altrettanti pulsanti. Contemporaneamente si desidera anche che venga indicato da quale camera proviene la chiamata. In questi casi si usa assai spesso un cosiddetto dispositivo « a cartellini », che si trova sovente negli alberghi e negli ospedali.

Supponiamo per esempio che vi siano sei camere, dalle quali sia possibile azionare il campanello col dispositivo a cartellini. Allora questo dispositivo dovrà contenere p. es. i numeri dall'1 al 6, in corrispondenza alla numerazione delle camere. I numeri rimangono invisibili fintantochè non venga premuto uno dei pulsanti. Se per esempio viene premuto il pulsante nella camera numero 2, allora comparirà la cifra « 2 » in una finestrina dell'indicatore a cartellini.

Come è costituito un dispositivo di questo genere?

Un piccolo elettromagnete è collegato in serie con la suoneria (fig. 27). Premendo il pulsante numero 2, la corrente passa non solo attraverso alla suoneria, ma anche attraverso l'elettromagnete EM.

Una piccola levetta di ferro H, imperniata in D, viene attratta dall'elettromagnete e libera un altro braccio di leva A. Alla estremità libera di questo braccio è fissata una piastrina o cartellino portante la cifra « 2 ». Per azione del proprio peso, il cartellino cade e compare dietro una finestrella del quadro, di modo che diventa visibile la cifra « 2 ».

Quando il pulsante nella camera viene abbandonato, la leva torna di scatto nella sua posizione di riposo perchè tirata dalla molla F e non più attratta dall'elettromagnete. Invece la leva A ed il cartellino col « 2 » rimangono nell'ultima posizione, dimodochè è facile verificare da quale camera proviene la chiamata.

Nella fig. 28 si vede un impianto di chiamata a cartellini per tre pulsanti. La figura mostra anche in forma semplificata il funzionamento meccanico del dispositivo. In realtà gli elettromagneti e le leve vengono sistemati

in un modo un po' diverso, più raccolto. Il principio rimane però sempre il medesimo.
Naturalmente il quadro indicatore della chiamata è munito anche di un dispositivo meccanico, mediante il quale è sempre possibile riportare i cartellini numerati nella posizione primitiva, nella quale essi non sono visibili. La fig. 29 rappresenta la disposizione di un impianto di chiamata a cartellini indicatori, previsto per sei locali. Il bottone che sporge lateralmente a destra dalla cassetta dei cartellini serve a riportare le levette numerate nella posizione primitiva, ossia a « cancellare » i numeri nelle finestrelle.

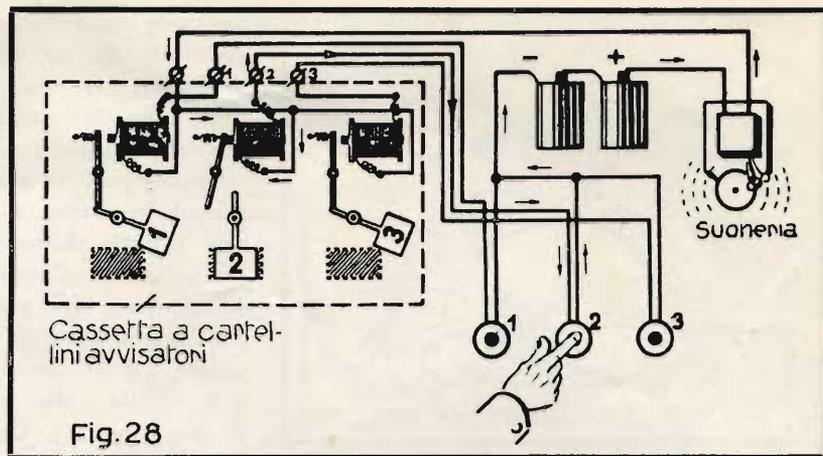
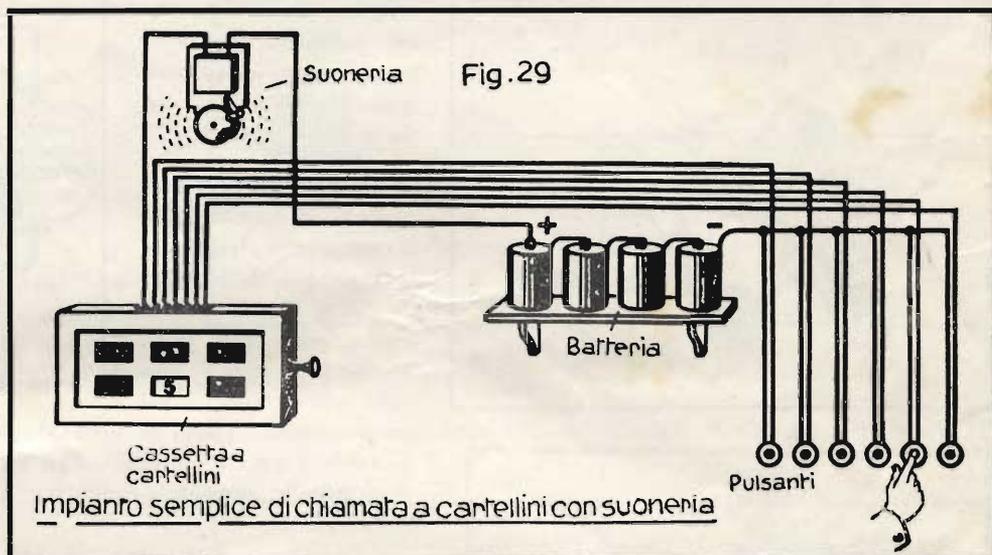



Fig. 28

Domande

1. Quando più suonierie di un impianto di campanelli sono collegate in parallelo tra loro, come vanno collegate le pile della batteria?

2. Come si chiama un dispositivo che permette di indicare da quale camera sia stato suonato il campanello?

Fig. 29
Impianto semplice di chiamata a cartellini con suoneria

RADIOTECNICA

Nella Dispensa precedente siete stati introdotti nel vasto campo della radiotecnica col Capitolo « Trasmissione e Ricezione ». Fin dall'introduzione di quella Dispensa vi è stato detto di non temere di non riuscire a seguire il corso. Infatti si tratta dapprima soltanto di rendervi familiari, nei loro aspetti principali, alcuni fenomeni fisici. Ciò vale anche per questo Capitolo nel campo della radiotecnica. I procedimenti tecnici invece verranno trattati in dettaglio più avanti.

La radiotecnica è, come sicuramente già sapete, la tecnica delle onde elettriche; dobbiamo dunque, come prima cosa, conoscere queste onde:

Le onde elettriche

Come sapete, le antenne delle stazioni radio irradiano delle invisibili onde elettriche. Queste onde non sono però tutte uguali. Infatti esse possono trasportare non solo dei programmi radiofonici, ma anche dei segnali di qualsiasi specie, poichè oltre alle vere e proprie stazioni radiofoniche, esistono pure i trasmettitori radiotelegrafici, i radiotrasmettitori d'immagini, i trasmettitori di televisione nonchè trasmettitori per numerosi altri scopi (fig. 30).

Per comprendere più rapidamente, cosa sono le onde elettriche e conoscere le loro proprietà, conviene ancora osservare le onde nell'acqua, le quali, nella loro formazione e propagazione, hanno molte somiglianze con le onde elettriche.

Quando un sasso viene fatto cadere nell'acqua (fig. 31), si formano attorno al punto di caduta delle onde concentriche che si vanno allontanando sempre più. ,

Immaginatevi che nell'acqua sia sistemata una grande parete di vetro, dietro la quale possiate contemplare i fenomeni della formazione e della propagazione delle onde, come in un acquario (figura 32).

Lasciando cadere in acqua un sassolino piccolo, si formano delle onde piccole (fig. 32). Se invece si butta un sasso grosso, si formano delle grosse onde con alte creste e profondi avvallamenti frammezzo (fig. 33).

Fig. 30

Fig. 31

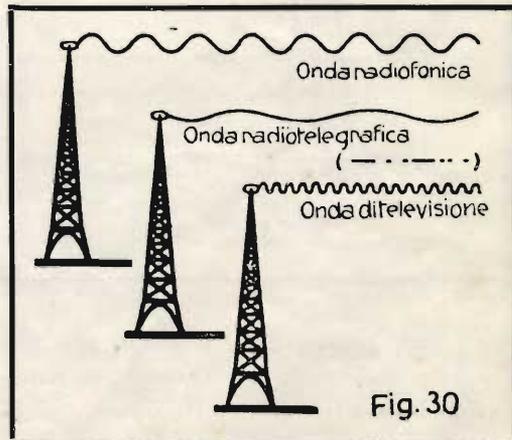
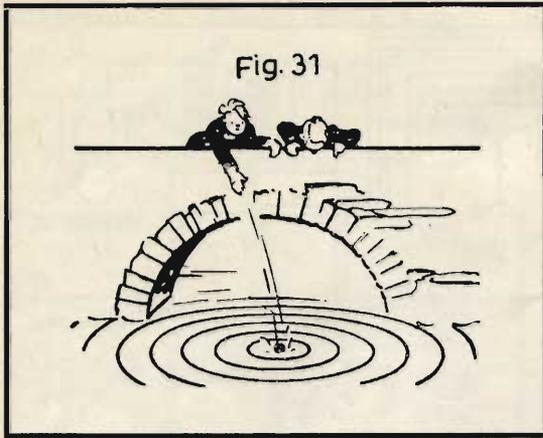
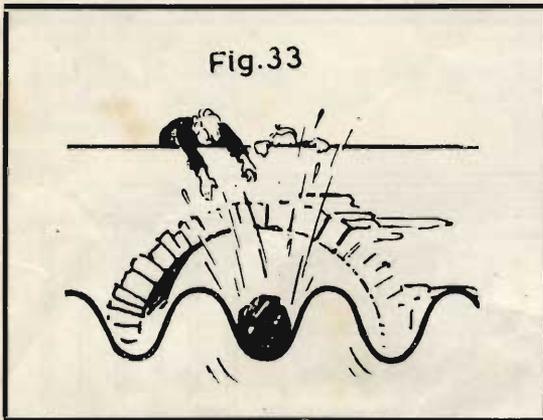
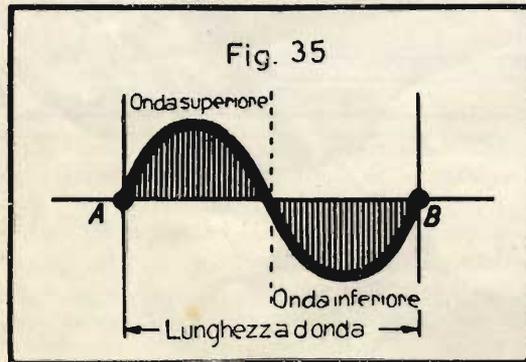
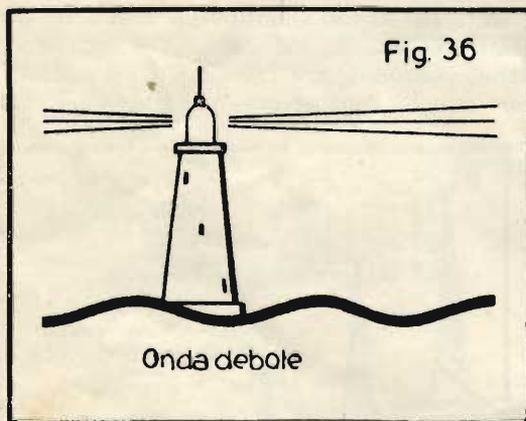
Fig. 32

Le onde sono dunque costituite da monti e valli (fig. 34) ossia, in linguaggio elettrotecnico, da semionde (mezze onde) positive e semionde negative. I fisici infatti chiamano « lunghezza d'onda » la distanza che passa tra l'inizio « A » di un monte ed il termine « B » della valle successiva (fig. 35). Ogni lunghezza d'onda è costituita da un monte ed una valle, e ciascuno di questi costituisce quindi una mezza onda o semionda.

Fig. 33

Fig. 34

Ora possono esistere onde con monti bassi o con monti alti, come si vede già dalle figure 32 e 33. E quindi anche con valli poco profonde oppure con valli profonde. Nel

primo caso si parla di onde d e b o l i (fig. 36), nell'altro caso di onde f o r t i (fig. 37). Più alte sono le semionde positive e profonde le semionde negative, e più forti diventano le onde (fig. 38).

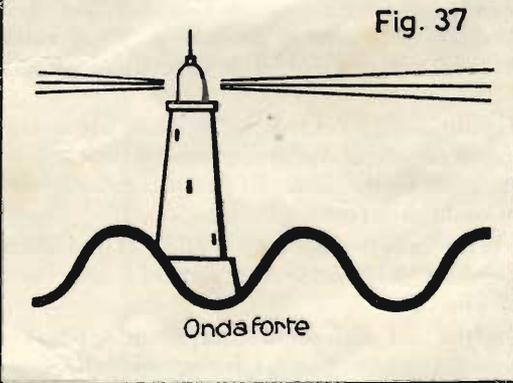
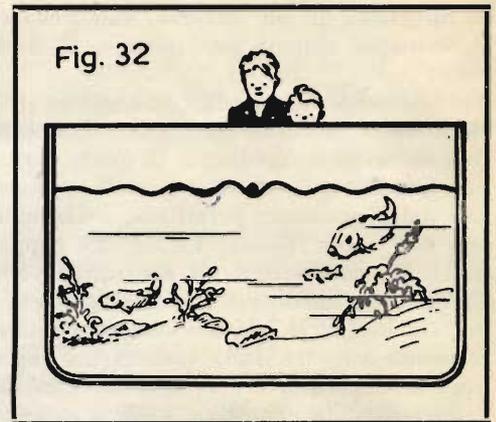
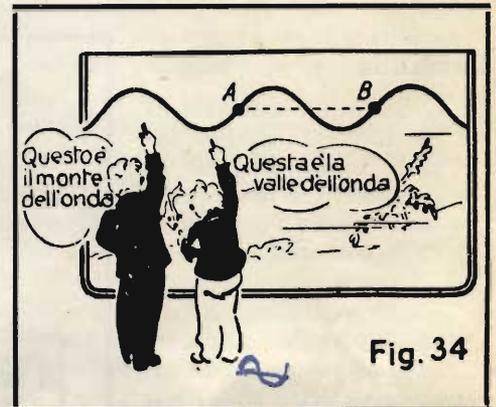
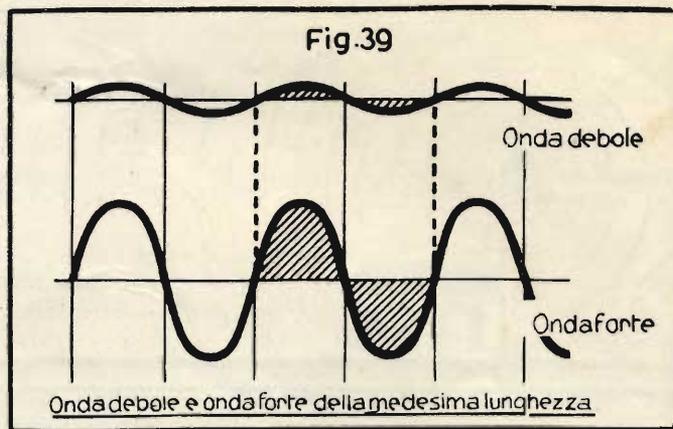
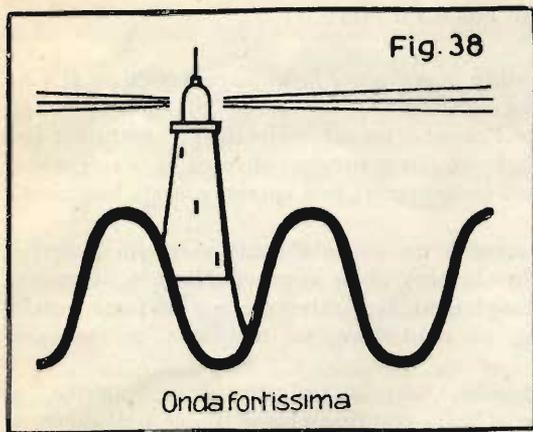
Fig. 35

È necessario tenere ben presente che la l u n g h e z z a d'onda non ha nulla a che vedere con la i n t e n s i t à (o a m p i e z z a) delle onde. Con identica lunghezza d'onda si possono avere onde forti e deboli, come risulta dalla figura 39. Più le onde si allontanano dal punto di caduta della pietra (detto « punto di perturbazione ») e più deboli diventano. Ciò è rappresentato schematicamente nella fig. 40. Osservate che la lunghezza delle onde rimane sempre la stessa, per quanto le onde vadano diventando sempre più deboli.

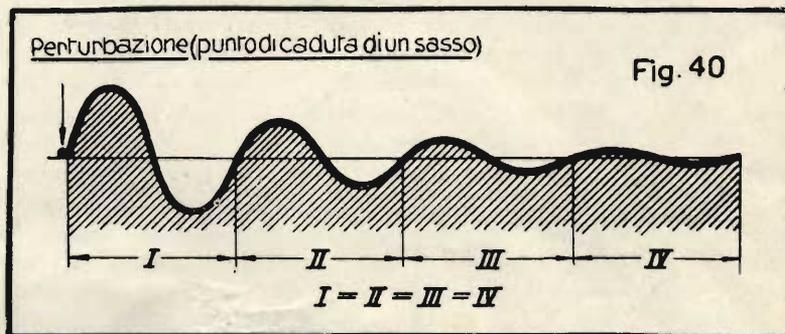
Fig. 36

Fig. 37

Onda forte

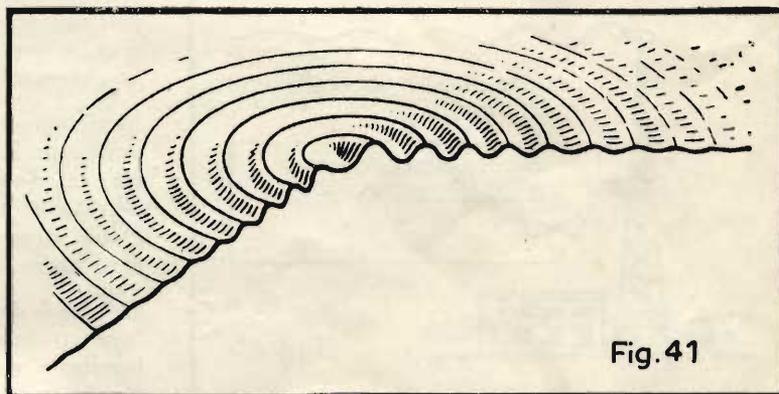
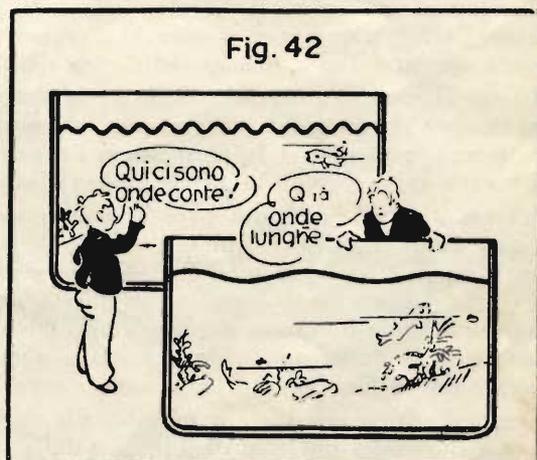
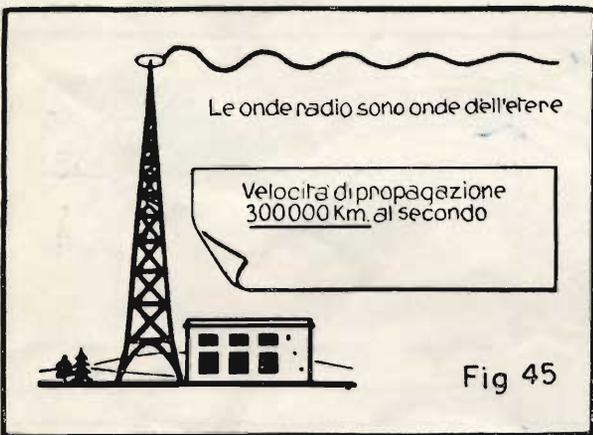
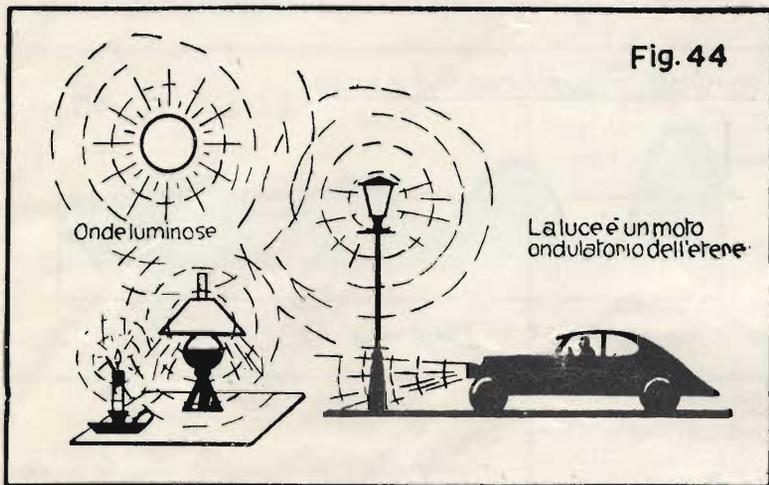
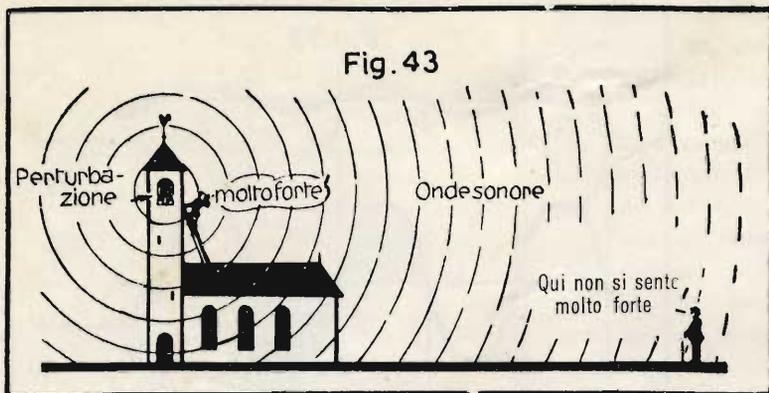
La distanza « I » è uguale alla distanza « II », e così pure alla distanza « III » ed alla distanza « IV ».

Se immaginiamo una sezione della superficie dell'acqua (fig. 41, pagina 14), vediamo chiaramente la forma delle onde che, avanzando, diventano più piccole. È indifferente, per quale direzione venga tracciata la sezione: l'aspetto delle onde che vanno man mano smorzandosi, è sempre lo stesso, supponendo naturalmente che esse non incontrino alcun ostacolo.

Una stessa onda possiede sempre la medesima lunghezza; un'altra onda può naturalmente avere un'altra lunghezza, poichè alle volte si formano delle onde corte, altre volte delle onde lunghe (fig. 42).

Della differente lunghezza delle onde verrà trattato dettagliatamente in seguito.

Finora abbiamo trattato delle onde nell'acqua, che sono visibili. Bisogna ora aggiungere che esistono (oltre a quelle elettriche) altre onde invisibili, p. es. le onde sonore.

Le onde sonore si propagano, partendo dal punto di perturbazione, in modo analogo alle onde dell'acqua. La « perturbazione » nel caso delle onde sonore è sempre una sorgente sonora, p. es. una campana (fig. 43).

Contrariamente alle onde dell'acqua, le onde sonore non si propagano su un piano ma in tutte le direzioni e quindi anche lateralmente, verso il basso e verso l'alto. Anche le onde sonore, allontanandosi dal punto di perturbazione si indeboliscono sempre più, proprio come le onde dell'acqua.

Fig. 41

Questo smorzamento delle onde sonore non si può percepire con l'occhio; esiste invece un organo apposito per la sensazione del suono, cioè l'orecchio. Più noi ci allontaniamo dalla sorgente delle onde sonore, cioè dal punto di perturbazione, e più debole diviene il suono che udiamo; ciò significa appunto, che l'onda sonora si è indebolita durante il percorso dalla sorgente al nostro orecchio (fig. 43).

Anche la luce è un moto ondulatorio; la luce però non è costituita da onde dell'aria, bensì da onde dell'étere. Verrà spiegato subito che cosa si intenda per « étere ». Ad ogni modo basta constatare che anche le onde luminose si propagano in modo simile alle onde sonore ed alle onde dell'acqua (fig. 44). Anche le onde della radio sono onde invisibili dell'etere (fig. 45, pag. 16). Esse si propagano, come le onde luminose, con l'incredibile velocità di 300 000 chilometri al secondo. Le onde sonore invece sono assai più lente: la loro velocità di propagazione raggiunge soltanto i 330 metri al secondo.

Che cos'è l'« étere »?

È stata usata poco fa la parola « étere ». Che cosa si intende per etere? Si direbbe quasi che l'etere è un concetto un po' astratto, immaginato, in mancanza di meglio, dagli scienziati imbarazzati per spiegare certi fenomeni.

L'etere è un « qualchecosa » ignoto e invisibile che dovrebbe compenetrare ogni cosa e riempire tutto l'universo, e che pure non si può nè contenere, nè misurare, nè toccare.

Quando, usando un'espressione poetica, si parla della rondine che si libera nell'étere, si usa appunto una locuzione poetica, non si fa una constatazione fisica. In verità la rondine si solleva nell'aria, non nell'étere. Essa può sollevarsi a grande altezza, ma solo fin dove, per mezzo delle sue ali, essa può sostenersi sull'aria che la circonda. Più grande è l'altezza dal livello del terreno, e più leggera diviene l'aria, finchè alla fine non esiste addirittura più. E allora?

Noi sappiamo che la terra è circondata da uno strato d'aria, l'atmosfera. Pertanto è come una palla munita di un involucro d'aria, sospesa nello spazio vuoto dell'universo. Così almeno diciamo noi profani; gli scienziati invece dicono e suppongono che l'universo non sia vuoto e che lo spazio sia ripieno di un « qualche cosa » indefinibile, appunto l'étere. Essi dicono che non è possibile che in qualche luogo dell'universo non vi sia nulla; dappertutto vi è qualche cosa, e per dare un nome a questo « qualche cosa », essi lo chiamano « étere ».

Limitiamoci quindi all'ipotesi che l'étere riempia l'intero universo. Esso non comincia soltanto là, dove finisce l'aria; no, l'aria stessa che circonda la nostra terra è compenetrata d'étere, e lo è pure la materia che costituisce il globo stesso. Ogni corpo solido è compenetrato d'étere, ogni muro, ogni tavolo, ogni albero.

L'étere è dappertutto! Solo così è possibile spiegare che la luce attraversa il corpo-solido « vetro », dato che le onde luminose non sono altro che onde dell'étere; e così pure che le onde elettriche — le radioonde — passano attraverso le pareti delle case.

L'aria non può essere il veicolo della luce, poichè, dato che tra il sole e la terra si trova uno spazio immenso privo d'aria, in questo caso dovrebbe regnare presso di noi la più impenetrabile oscurità; ma veicolo della luce non è appunto l'aria, ma qualche cosa d'altro, l'étere.

Il suono invece, a differenza delle onde elettriche e della luce, ha come suo veicolo l'aria. Infatti il vento può far deviare il suono dal suo percorso, ma non può far deviare la luce o le onde elettriche. Può tirare un vento fortissimo, può esservi la tempesta o l'urgano, ma le onde radio arrivano ugualmente alla nostra antenna ed al nostro apparecchio: infatti le onde radio sono onde dell'étere.

Ora voi osserverete: « qui però ci deve essere un errore. Infatti la luce non attraversa i muri, mentre prima è stato detto che l'étere, che è il veicolo della luce, è contenuto anche in ogni corpo solido, e quindi anche nei muri. Se così fosse, la luce dovrebbe pure attraversare i muri, come le onde elettriche ».

Il vostro ragionamento è giusto: in questa spiegazione è stata infatti trascurata una cosa. Il fatto è, che le onde radio e le onde luminose si comportano talvolta in modo simile, altre volte in modo completamente differente. Entrambe le onde, quelle della radio e quelle della luce, hanno le proprietà delle onde, ma di onde tanto differenti tra di loro quanto lo possono essere le onde dell'oceano e quelle nella catinella del lavabo.

Se consideriamo una terza specie di onde dell'étere, e precisamente i cosiddetti raggi X o raggi Röntgen, vediamo che anche questi si distinguono dalla luce e dalle onde radio per le loro proprietà; essi infatti passano attraverso anche a corpi solidi non trasparenti.

La spiegazione del diverso comportamento delle varie specie di onde è semplice. Tutto dipende dalla rapidità delle vibrazioni delle onde, e cioè, se sono molte o poche le onde che passano in un secondo.

Le onde luminose sono onde dell'étere che hanno certi dati numeri di vibrazioni o di periodi al secondo; le onde Röntgen o raggi Röntgen compiono un altro numero di vibrazioni al secondo; le onde radio a loro volta un numero differente ancora.

La diversità del numero di vibrazioni al secondo è la causa del diverso comportamento delle onde dell'étere.

I tre tipi di onde citati a titolo d'esempio, onde luminose, onde radio e onde Röntgen, non hanno altro di differente che il numero delle vibrazioni al secondo, rispettivamente la loro lunghezza d'onda. Spiegheremo più tardi la relazione che sussiste tra il numero delle vibrazioni e la lunghezza d'onda.

È però vero che non è l'étere da solo il veicolo delle onde elettriche. L'esperienza insegna che differenti condizioni dell'aria, particolarmente dell'umidità, e differenti conformazioni del terreno (montagne, boschi, mari o laghi ecc.) esercitano una notevole influenza sulla propagazione delle onde elettriche.

Non si può dire senz'altro, fino a qual punto gli stessi corpi solidi (sassi, metalli, alberi), siano i veicoli delle onde elettriche o onde radio. Si può però fare la seguente ipotesi: che cioè in alcuni corpi solidi la supposta sostanza eterea sia più densa, e che perciò questi corpi siano migliori conduttori delle onde elettriche. In altri corpi l'étere sarebbe invece meno denso; questi sarebbero pertanto meno conducenti per le onde.

Forse il tempo non è lontano, in cui anche la scienza potrà darci maggiori ragguagli sull'étere, il quale, benchè possa dirsi una scappatoia all'imbarazzo degli scienziati, è pure diventato un importante fondamento di molte leggi della fisica. E così questo concetto puramente teorico ha giustificato la sua esistenza. Non è qui il luogo per trattare più ampiamente questi problemi, che verranno forse ripresi in seguito.

Prima di proseguire nello studio, è bene vedere chiara l'importanza delle onde in generale. Conosceremo esattamente delle correnti elettriche che obbediscono alle leggi delle onde; la loro intensità varia come le onde dell'acqua, eppure esse sono del tutto differenti dalle onde dell'étere. Anche il calore è un fenomeno ondulatorio. Dagli spazi dell'universo giungono sulla terra onde invisibili e ancora poco note. Il movimento ondulatorio è una meravigliosa legge della natura che incontreremo di frequente. Dalle onde dell'acqua, alle onde sonore, della radio, del calore, della luce, giungiamo alle onde Röntgen ed a sempre più misteriose onde provenienti dalle profondità del cosmo. Ma sempre i concetti fondamentali della lunghezza d'onda e dell'ampiezza dell'onda rimangono i medesimi. È soprattutto la lunghezza d'onda che determina gli effetti. Vi parrà forse dapprima un po' strano che il suono, la luce, il calore appartengano tutti alla medesima « famiglia ». Imprimetevi però bene nella mente i concetti qui trattati, per poter essere ben agguerriti in seguito.

Domande

1. Quali sono le parti che compongono un'onda?
2. Che relazione passa tra la lunghezza d'onda e l'ampiezza dell'onda?
3. Come si chiama il punto da cui si dipartono le onde?
4. Le onde sonore sono onde dell'aria o dell'étere?
5. Qual è la velocità di propagazione delle onde luminose?
6. Che cos'è il significato fisico di « étere »?

MATEMATICA

Ora viene un capitoletto molto facile; eppure vi sarà ugualmente utile di ripetere alcune nozioni che avete già imparato a scuola e che adoperate continuamente nella vita di tutti i giorni.

4. La moltiplicazione dei numeri interi

Come è già stato detto nella Dispensa N. 1, dei numeri che debbono essere moltiplicati tra loro, si chiamano fattori. Il risultato si chiama prodotto.

$$\underset{\text{(fattore)}}{4} \cdot \underset{\text{(fattore)}}{5} = \underset{\text{(prodotto)}}{20}$$

Esempio:

```
33 · 28
-------
    64
   256
-------
   896
```

Dovendo moltiplicare tra loro numeri di più cifre, p. es. 32, 28, bisogna moltiplicare ciascuna cifra del secondo fattore con ciascuna cifra del primo fattore. È inutile spiegare ciò più dettagliatamente.

4. La divisione dei numeri interi

Cosa sia la divisione, non vi è stato ancora detto, ma voi lo sapete già. La divisione è l'operazione inversa della moltiplicazione, allo stesso modo che la sottrazione è l'operazione inversa dell'addizione: quindi

moltiplicazione: $2 \cdot 4 = 8$

divisione: $8 : 4 = 2$ oppure $\frac{8}{4} = 2$

Le parole: « diviso per » si esprimono col segno « : » oppure con la linea di frazione; si scrive quindi

$$8 : 4 = 2$$

oppure $$\frac{8}{4} = 2$$

Dividendo il numero 42 per il numero 6 si ottiene 7, o meglio « 7 interi ». Infatti il 6 è contenuto senza resto nel 42.

Dividendo invece il 50 per 6, rimane un resto di 2; nel numero 2 il 6 non è più contenuto un numero intero di volte, ma solo 1/3 ossia 0,33 volte.

```
50 : 6 = 8,33
48
 20
 18
  20
  18
   2
```

La divisione è eseguita qui di fianco. Il numero 8,33 è costituito da 8 interi, 3 decimi e 3 centesimi. La prima cifra a sinistra della virgola (8) esprime le unità. Se alla sinistra della virgola ci sono altre cifre, la seconda esprime le decine, la terza le centinaia, la quarta le migliaia e così via. La prima cifra a destra della virgola (3) esprime i decimi, la seconda i centesimi, la terza i millesimi e così via.

6. La moltiplicazione dei numeri decimali

Una espressione numerica che contiene non solo interi, ma anche cifre a destra della virgola, si chiama « numero decimale ». Le cifre a destra della virgola si chiamano « decimali ».

Dovendo moltiplicare un numero intero con un numero decimale, si esegue la moltiplica senza riguardo alla virgola e si separano poi i decimali nel prodotto in medesima quantità come nel fattore, contando da destra verso sinistra.

Esempio:

```
25 · 4,36
   100
    75
    150
  109,00
```

Il numero decimale 4,36 possiede due decimali, cosicchè bisogna separare con la virgola due cifre, contando da destra, nel numero 10900. Il risultato è pertanto 109,00, oppure semplicemente *109*.

Esempio:

```
4,25 · 5,02
   21250
     850
  21,3350
```

Dovendo moltiplicare tra loro due numeri decimali, si esegue allo stesso modo la moltiplica delle due espressioni numeriche. Nel prodotto si separano tanti decimali, quanti sono complessivamente i decimali dei fattori. Ciascun fattore ha due decimali, per cui bisogna separare quattro decimali nel prodotto. Il risultato è quindi *21,3350*.

Esempio:

```
4630,21 · 0,00042
   1852084
     926042
   1,9446882
```

Nel terzo esempio un fattore possiede due decimali e l'altro cinque, per cui nel prodotto bisogna separare sette decimali. Il risultato è quindi *1,9446382.*

7. La divisione dei numeri decimali

Dovendo dividere un numero intiero per un numero decimale, oppure un numero decimale per un numero intiero, si comincia a mettere una virgola in fondo al numero intiero aggiungendo dopo la virgola tanti zeri quanti sono i decimali del numero decimale. Dopodichè si possono cancellare le virgole e si esegue la divisione allo stesso modo come per i numeri interi.

Esempio: $456 : 3{,}21 = ?$

Poniamo una virgola in fondo al numero intiero 456 e aggiungiamo due zeri, perchè la frazione 3,21 possiede appunto due decimali. Si ha allora:

$$456{,}00 : 3{,}21$$

Poichè ora c'è la stessa quantità di decimali dopo la virgola in entrambe le espressioni numeriche, possiamo tralasciare le virgole ed eseguire la divisione come per i numeri interi.

```
45600 : 321 = 142,05
321
1350
1284
  660
  642
   1800
   1605
    195
```

Esempio: 3,618: 42 = ?
Facciamo seguire il 42 da una virgola e tre zeri (perchè il numero possiede tre decimali dopo la virgola) 3,618: 42,000.
Ora si possono cancellare le virgole: 3618: 42000 = ?
Ed ora si eseguisce la divisione con questi due numeri interi.

```
3618 : 42000 = 0,086
361800
336000
 258000
 252000
   6000
```

IMPIANTI TELEGRAFICI

Che cosa *è* e cosa *significa* « telegrafia »? Chi conosce le lingue antiche, ci dirà che l'espressione è composta dalle parole greche « tele » = « lontano » e « grafein » = « scrivere », e che quindi essa significa la trasmissione a distanza di segni di scrittura.

A che serve la telegrafia? A trasmettere delle notizie con la massima velocità possibile in luoghi lontani. E come si può far ciò? Occorrerà certamente una forza capace di agire in distanza. Questo ragionamento ci porta sulla strada giusta, che segue nello stesso tempo lo sviluppo storico della telegrafia. La segnalazione a distanza si inizia già presso l'uomo primitivo mediante grida emesse a gran voce da un punto all'altro della foresta; ma questi suoni sono udibili a distanze assai limitate. Ed ecco l'uomo sviluppare un sistema di vera telegrafia acustica, capace di superare distanze maggiori, e di cui abbiamo l'esempio ancor oggi nelle segnalazioni eseguite dagli indigeni dell'Africa col tamburo. Tuttavia l'uomo civile va alla ricerca di mezzi sempre più efficienti.

Più che il suono, la luce sembra adatta a superare grandi distanze, come dimostra anche il luccichio delle stelle che da infinite distanze mandano a noi il loro messaggio luminoso, nel cielo notturno; e pertanto si utilizza la luce per la trasmissione di segnali, cominciando con i fuochi accesi sulle alture, e terminando con l'uso del cannocchiale e del riflettore. Il telegrafo ottico ha però pure i suoi difetti. Per superare le grandi distanze sono necessarie numerose stazioni intermedie che devono essere in collegamento visivo tra di loro, e quando per esempio scende la nebbia, le comunicazioni non sono più possibili. Ecco perchè, quando si scoprì che la corrente elettrica era un portatore ideale di notizie a distanza, i mezzi ritenuti fino allora buoni, vennero abbandonati e sostituiti dal mezzo migliore.

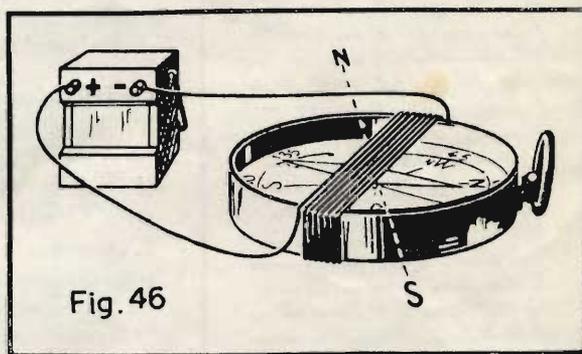
Il primo telegrafo che utilizzava la corrente elettrica per la tasmissione delle notizie venne inventato nel 1809 da Tommaso von Sömmering. Questo apparecchio era però assai complicato e richiedeva una quantità di linee di trasmissione, per cui non assunse mai importanza pratica. Fortunatamente, l'idea di Sömmering venne raccolta e sviluppata da altri scienziati, fra cui il filosofo e matematico F. G. Gauss, il quale dopo aver un giorno visitato Sömmering, riconobbe il valore dell'invenzione. Assieme al suo amico Guglielmo Weber, professore di fisica a Gottinga, Gauss perfezionò il telegrafo di Sömmering. Egli seguì però una via differente.

I due scienziati sapevano infatti che l'ago di una bussola viene deviato dalla sua direzione, quando si fa circolare una corrente attraverso delle spire di filo avvolte attorno alla bussola (figura 46). Inoltre sapevano che la deviazione è maggiore o minore, a seconda che la corrente inviata nelle spire è più o meno intensa, e che, invertendo il senso della corrente, cambia il senso della deviazione dell'ago. Essi pensarono quindi di utilizzare codesto « strumento », cioè la bussola munita di spire sovrapposte, per la trasmissione a distanza di notizie. Infatti un tale « strumento » si può azionare anche a distanza; basta solo disporre i fili di collegamento abbastanza lunghi.

Fig. 46

Presto però si vide che anche questo semplice dispositivo telegrafico non era sufficiente. Fu solo il telegrafo scrivente di Morse che riuscì ad imporsi veramente nella pratica.

Il Telegrafo Morse

Il pittore americano Samuele Morse, un uomo di valore, che nutriva vivo interesse anche per le questioni di fisica, parlando con amici, espresse nell'anno 1832 il pensiero che la corrente elettrica si potesse utilizzare per la trasmissione di segnali. Il suo apparecchio telegrafico, il cosidetto ricevitore scrivente Morse, ha raggiunto una diffusione enorme in tutti i paesi, e dobbiamo a lui l'invenzione del vero, pratico telegrafo elettromagnetico. I primi esperimenti di Morse non ebbero i risultati sperati, ed egli stava già per abbandonare i suoi lavori, quando venne a conoscenza di un concorso indetto nel febbraio 1837 dal Congresso americano, allo scopo di ottenere proposte per la realizzazione di impianti telegrafici. Morse decise immediatamente di partecipare al concorso e si applicò con tale impegno al perfezionamento della sua costruzione, da essere in grado già

nel settembre del medesimo anno di invitare a prendere visione del suo apparecchio. Il successo fu grande. Nel 1846 poi Morse potè far brevettare un secondo modello ancora ulteriormente migliorato, che rappresenta il prototipo di quello che, con lievi modifiche non sostanziali, è tuttora in uso ovunque.

Ferro
Arresto
Leva
Rotolo col nastro di carta
Orologeria per l'avanzamento del nastro di carta
Elettromagnete
Punta scrivente
Molla
Fulcro
Scrittura Morse
Molla
Contatto
Tasto
Batteria

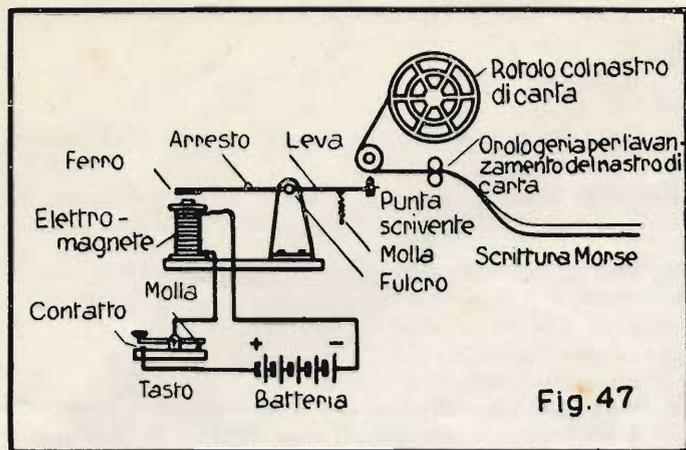



Fig. 47

In fondo il telegrafo Morse è un dispositivo semplicissimo. Un elettromagnete è la parte principale del ricevitore.

Nella fig. 47 è rappresentato schematicamente un ricevitore Morse. Quando nell'avvolgimento dell'elettromagnete passa corrente, viene attratta una leva che può oscillare attorno ad un perno. All'altro braccio della leva è fissata una punta scrivente che rimane premuta contro una striscia o nastro di carta, fintantochè l'elettromagnete trattiene la leva. Il nastro di carta viene fatto avanzare da un'orologeria, e scorre sopra un rullo che serve da appoggio per la punta scrivente.

Se ora si aziona l'elettromagnete solo per un tempo breve, rimane sulla carta una linea molto corta, ossia un punto. Se si aziona l'elettromagnete per un tempo abbastanza lungo, si forma sulla carta una linea abbastanza lunga. Così Morse fece un alfabeto costituito da punti e linee, il cosiddetto alfabeto Morse, che è riportato nella fig. 48.

L'alfabeto Morse

Fig. 48

e ·
i ··
s ···
h ····
5 ·····
t —
m — —
o — — —
0 — — — — — (Zero)
a · —
w · — —
j · — — —
1 · — — — —
n — ·
g — — ·
6 — — — ·
9 — — — — ·
u · · —
ü · · — —
2 · · — — —
d — · ·
z — — · ·
8 — — — · ·

v · · · —
3 · · · — —
b — · · ·
7 — — · · ·
4 · · · · —
6 — · · · ·
r · — ·
k — · —
p · — — ·
x — · · —
é · · — · ·
l · — · ·
f · · — ·
y — · — —
q — — · —
c — · —
à · — — · —

Segni d'interpunzione
· — · — · —
; — · — · — ·
: — — — · · ·
? · · — — · ·
, — — · · — —
– — · · · · —
' · — — — — ·
() — · — — · —
" · — · · — ·
/ — · · — ·

Ci sono vari metodi per imparare i segnali Morse ossia l'alfabeto Morse. Quello più sicuro è il metodo acustico.

Bisogna ascoltare i segnali, che vanno dati dapprima lentamente e poi sempre più presto, in modo da imprimerseli bene nella memoria. Poichè è difficile avere a propria disposizione un apparecchio Morse per questo scopo, si consiglia di ripetere a voce i segnali dell'alfabeto Morse dicendo: « *di* » per un punto e « *dah* » per una linea. Se vi eserciterete soltanto seguendo questo metodo, vi accorgerete dei vantaggi soprattutto quando sarete in grado di ricevere dei messaggi telegrafici « a orecchio », invece di leggerli dalle striscie registratrici di carta, come si usa nella radiotelegrafia.

Provate con alcune lettere e vedrete come si può raggiungere rapidamente lo scopo a questo modo. Per esempio per la lettera « R » ripetete ad alta voce: « *di dah di* », per la lettera « V »: « *di di di dah* »; e così via. Bisogna esercitarsi con costanza; si trova facilmente il tempo per farlo, per esempio recandosi o tornando dal lavoro, o quando si deve attendere da qualche parte. È soltanto l'esercizio che permette di ottenere la padronanza di un'arte!

Costituzione di un impianto telegrafico

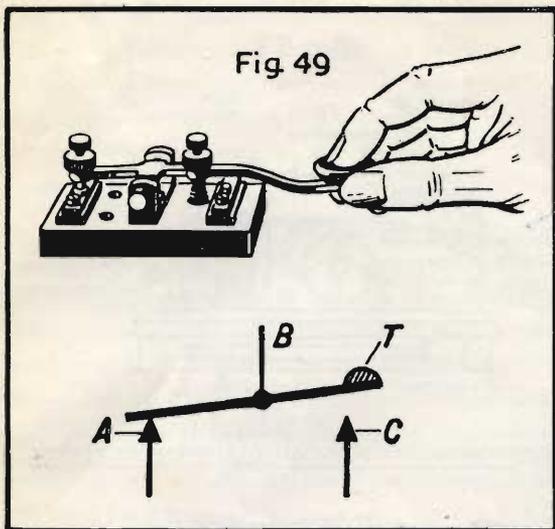
Vogliamo infine farvi ancora presente che esistono dei dischi da grammofono per l'insegnamento dell'alfabeto Morse. Per ora però più che la pratica della telegrafia Morse è importante per voi di apprendere i fondamenti tecnici.

L'apertura e la chiusura del circuito elettrico si fa, nella telegrafia Morse, non per mezzo di un comune bottone di contatto o pulsante, ma con l'aiuto di un cosiddetto « tasto Morse » o « manipolatore Morse », come quello raffigurato nella fig. 49.

Quando non si aziona il tasto, la levetta appoggia al contatto A, e viene trattenuta da una piccola molla. Premendo il pomello T del tasto, avviene il contatto in C. È possibile collegare dei conduttori nei punti di contatto A e C, come pure alla leva stessa, in B.

Il simbolo per il tasto Morse, che è riportato nella fig. 49 in basso, non è usato nelle figure seguenti: verranno però riportati più avanti degli schemi, nei quali si trova tale simbolo.

La fig. 50 rappresenta un impianto telegrafico semplice. Nella Stazione A si trovano la batteria ed il tasto Morse.

Questa stazione si chiama « trasmettitore ». Nella stazione B si trova l'apparecchio scrivente Morse detto appunto « ricevitore ».

I collegamenti sono i medesimi della fig. 47; è possibile risparmiare però un filo di collegamento (quello che, nella figura, è tratteggiato). A questo scopo basta collegare con la terra nella stazione A il polo libero della batteria, nella stazione B l'estremità libera dell'avvolgimento dell'elettromagnete. Il conduttore di ritorno rimane quindi sostituito dalla terra che, per questi scopi, si è dimostrata ottimamente conducente.

Bisogna però far sì che la « messa a terra » sia buona, ossia che si abbia un collegamento elettrico veramente efficiente con la terra. Il mezzo migliore consiste nel sotterrare una piastra di metallo collegata per mezzo di un filo metallico al trasmettitore od al ricevitore. Verranno dati più tardi ulteriori particolari sugli impianti di « terra ».

Osservate ancora un momento la fig. 50 e seguite il circuito elettrico. Questo è chiuso nel momento in cui viene premuto il pomello del tasto nella stazione A. Nel medesimo istante l'elettromagnete del ricevitore in B attira la leva e la punta scrivente traccia sul nastro di carta, che scorre a contatto della stessa, una linea oppure un punto, secondo la durata del tempo, in cui il tasto rimane premuto.

Ora si vuole però avere la possibilità di telegrafare non solo dalla stazione A alla stazione B, ma anche da B ad A. Occorrono allora due ricevitori Morse, due manipolatori e alle volte anche due batterie. Si eseguisce il collegamento conformemente alla fig. 51.

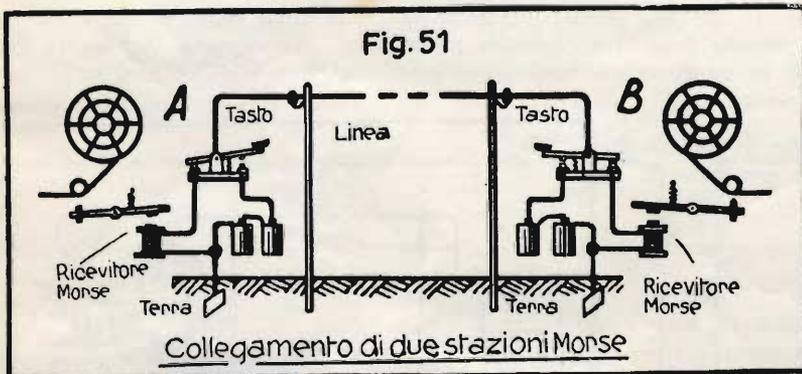
Come vedete in questo caso si utilizzano tutti e tre i morsetti del trasmettitore Morse. Seguite nuovamente il circuito, nel caso che venga trasmesso da *A* come pure se viene trasmesso da *B*.

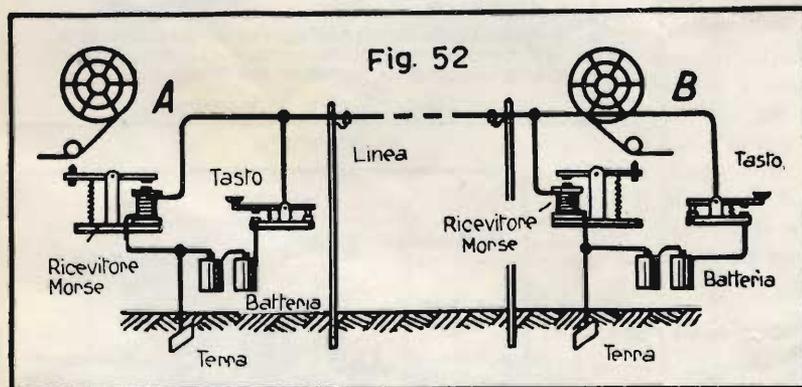
Fig. 51

A — Tasto — Linea — Tasto — B

Ricevitore Morse — Terra — Terra — Ricevitore Morse

Collegamento di due stazioni Morse

I collegamenti si possono anche effettuare in modo diverso, e cioè, utilizzando due soli morsetti del trasmettitore (fig. 52).

Chiudendo il circuito in *A*, la corrente passa attraverso la linea alla stazione *B*, fa funzionare il ricevitore Morse e passa alla terra, attraverso la quale ritorna ad *A*.

Contemporaneamente però arriva la corrente anche al ricevitore della stazione trasmittente A, di modo che questo registra esso pure i segnali trasmessi. Occorre che in ciascuna stazione sia sistemata una batteria. Usando questo collegamento è dunque possibile controllare i segnali trasmessi.

Nei telegrafi usati in pratica, invece di una punta scrivente, si trova una rotellina scrivente che traccia sul nastro di carta i segnali trasmessi, nel ritmo degli impulsi di corrente. Il nastro di carta è sempre fatto avanzare da una orologeria.

La fig. 53 rappresenta schematicamente un comune r i c e v i t o r e M o r s e. La rotellina scrivente è situata sul braccio sinistro della leva, e intinge in un recipiente contenente inchiostro oleoso. L'altro braccio della leva porta un'ancoretta di ferro, che viene attratta dall'elettromagnete giacente sotto di essa. Quando ciò avviene, la rotellina rimane premuta contro la striscia di carta (detta anche « zona »), guidata da due rulli azionati dal meccanismo d'avanzamento a molla.

L'amplificazione delle correnti

Quando una corrente elettrica deve scorrere lungo una linea molto lunga essa si indebolisce. Più lunga è la linea, e più piccola è l'intensità della corrente che circola in essa.

Facciamo ancora una volta un semplice paragone: un uomo compie una volta un cammino breve, un'altra volta un cammino lungo. Quando ha percorso il cammino breve, egli si sente altrettanto fresco e in forze come all'inizio della passeggiata; se invece il cammino è stato lungo, egli arriva alla meta stanco e debole, incapace a compiere del lavoro.

Le cose sono simili anche nel caso della corrente elettrica. Se la corrente ha percorso una distanza molto lunga, essa non è più in grado di compiere del lavoro. Nell'impianto telegrafico, la corrente dovrebbe poter azionare l'elettromagnete del ricevitore Morse, anche dopo aver superato un percorso forse assai lungo. Non sempre ciò sarà possibile, e allora per superare questa difficoltà gli elettrotecnici inventarono il cosiddetto « relè » (dal francese « relais » = stazione di ricambio dei cavalli nella posta dei secoli scorsi), da loro inserito nel corso della linea allo scopo di amplificare la corrente telegrafica.

Per ritornare al nostro paragone: il viandante giunto alla meta stanco e incapace di eseguire un lavoro, è però ancora in grado di trasmettere un ordine. Quest'ordine viene poi eseguito da un altro uomo che non sia stanco.

Anche il relè trasmette in un certo senso un ordine, che viene eseguito da un impianto più robusto. In pratica ciò avviene così: al posto del ricevitore Morse, che abbisogna di una corrente intensa per il suo funzionamento, si inserisce nella linea un relè (fig. 54), il quale non è altro che un elettromagnete che deve attrarre una leva molto leggera. A differenza dell'elettromagnete del ricevitore Morse, l'elettromagnete del relè deve solo compiere un lavoro leggero, dovendo attrarre soltanto una piccola leva. La corrente telegrafica, per quanto indebolita dal lungo percorso, è tuttavia ancora in grado di magnetizzare il nucleo dell'elettromagnete e di attirare la piccola leva.

Rappresentazione schematica di un ricevitore Morse

Vista

E questa piccola leva attratta, chiude il contatto di un circuito elettrico separato, dotato di una propria sorgente di corrente: la cosiddetta batteria locale.

Il ricevitore Morse è inserito in questo circuito separato.

La fig. 55 mostra schematicamente l'aspetto di uno di questi relè. In verità la distanza tra l'ancoretta di ferro fissata alla leva ed i nuclei dei due elettromagneti è minuscola, per cui basta effettivamente una corrente molto debole per attrarre l'ancoretta.

Per linee lunghe le correnti in arrivo vengono condotte attraverso un relè, il quale inserisce la batteria locale che fa funzionare il ricevitore Morse

La fig. 54 rappresenta un semplicissimo impianto telegrafico con relè, nel quale è possibile trasmettere i segnali soltanto dalla stazione A alla stazione B; la fig. 56 mostra invece lo schema di un impianto per la c o m u n i c a z i o n e   n e l l e   d u e   d i r e z i o n i, nel quale cioè è possibile trasmettere i segnali sia da *A* verso *B* come da *B* verso *A*. Vogliate seguire anche in questa figura il circuito della corrente elettrica, tanto nel caso di trasmissione partente da *A*, quanto in quello di trasmissione partente da *B*.

Il relè serve ad inserire una nuova sorgente di corrente al termine di una linea lunga
Il contatto di riposo è isolato

Collegamenti telegrafici a correnti di lavoro e di riposo

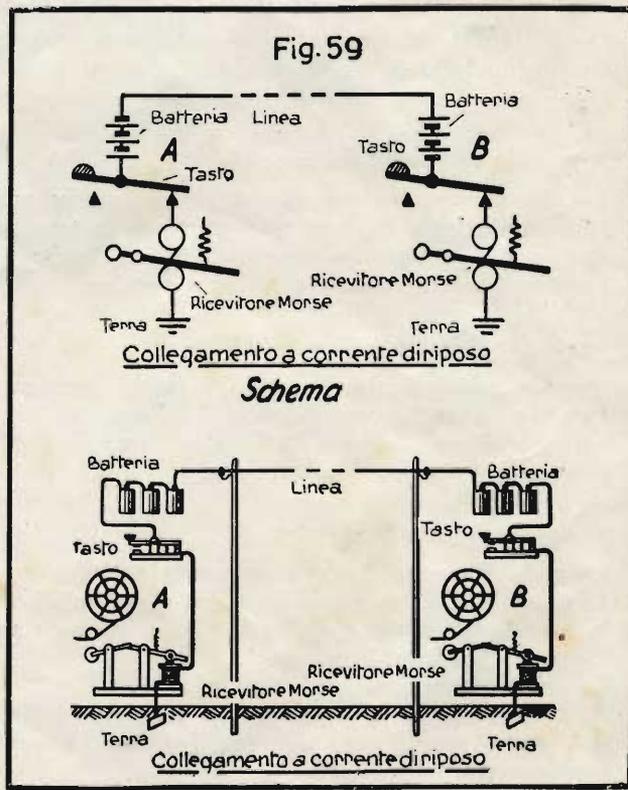
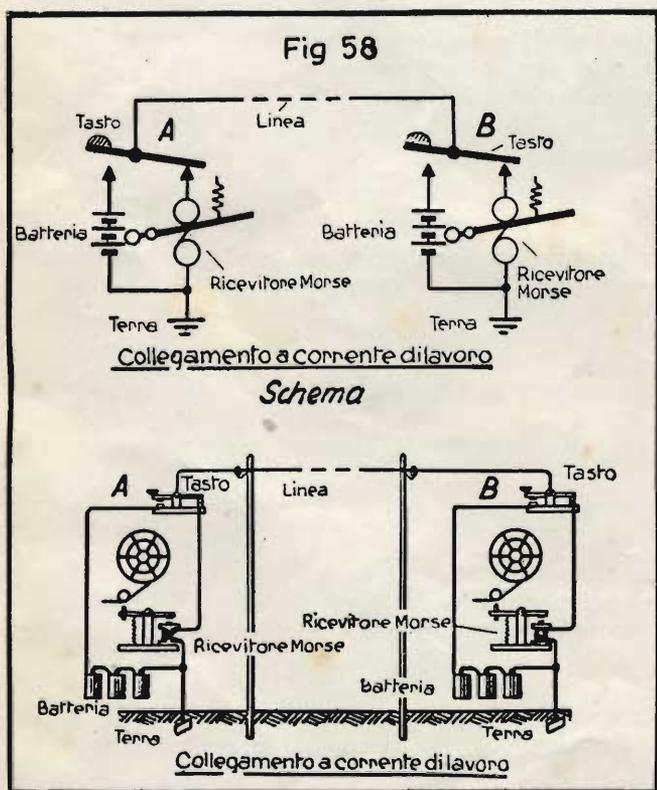
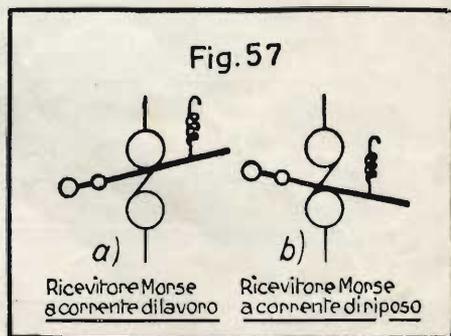
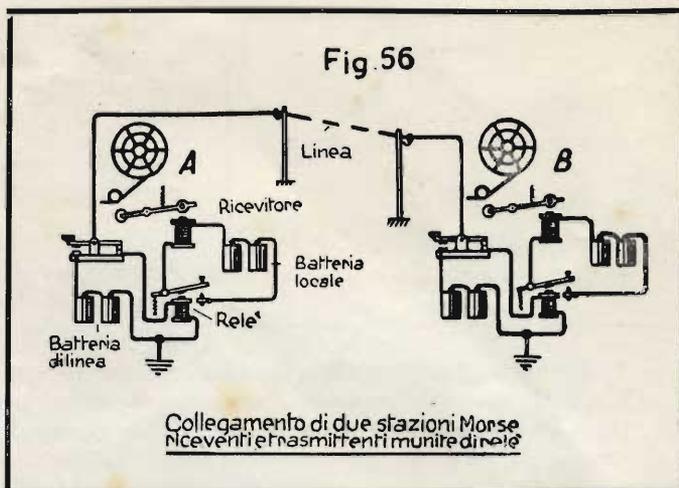
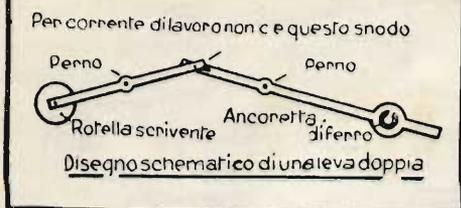
Prima di continuare vorremmo farvi conoscere alcuni s e g n i   g r a f i c i   o   s i m b o l i normalizzati. Finora conoscete già i simboli per le batterie, per i contatti semplici e per i tasti o trasmettitori Morse. Vi manca ancora il simbolo per i « ricevitori Morse », che registrano i segnali su una striscia di carta. La fig. 57 rappresenta il segno grafico per i ricevitori Morse.

Come vedete esistono due simboli differenti. Il simbolo *a*) si chiama: « a corrente di lavoro »; quello *b*) invece: « a corrente di riposo ». « Corrente di lavoro » e « corrente di riposo » sono due concetti nuovi per voi, che diverranno subito comprensibili, se osserverete i collegamenti delle figure 58 e 59.

La fig. 58 rappresenta un collegamento telegrafico a corrente di lavoro, la fig. 59 invece un collegamento telegrafico a corrente di riposo. Per potervi aiutare all'inizio a capire con più facilità gli schemi disegnati con i simboletti esatti, abbiamo ripetuto sotto gli schemi simbolici i medesimi collegamenti, disegnati però con il vecchio sistema di rappresentazione.

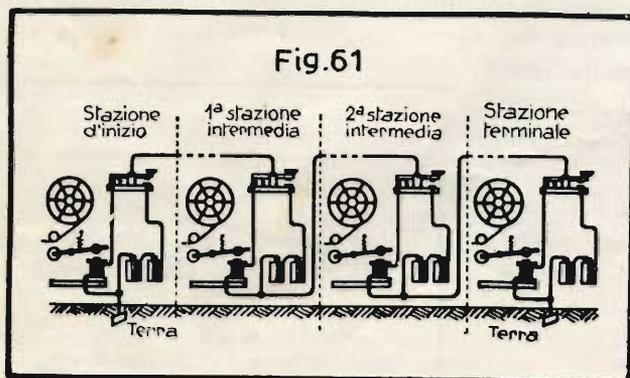
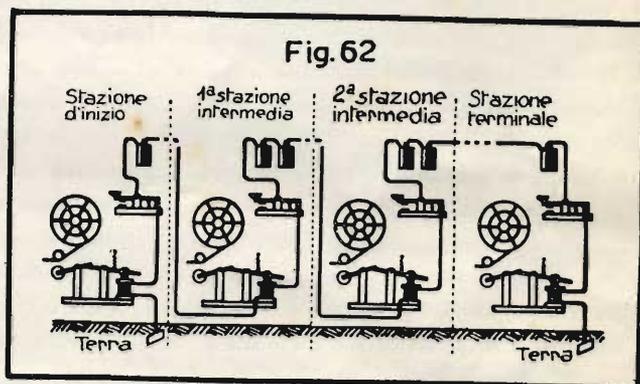
Tutti i collegamenti che avete conosciuto finora, erano collegamenti «a corrente di lavoro». Ciò significa che la corrente circola soltanto, quando si preme uno dei tasti. Come mostreremo in seguito, basta però un piccolo artificio per riuscire ad ottenere un notevole risparmio nelle batterie occorrenti. Bisogna solamente eseguire i collegamenti conformemente alla fig. 59, ossia per corrente di riposo.

Nei collegamenti telegrafici a corrente di riposo la corrente circola continuamente lungo la linea. Non appena si preme uno dei tasti, il circuito rimane interrotto e l'ancoretta, che con questo tipo di collegamento rimane di solito attratta dalla elettrocalamita del ricevitore Morse, resta improvvisamente libera. Con questo genere di collegamento è necessario che le levette con la rotella scrivente siano costruite in modo alquanto diverso, come risulta anche dalla fig. 59. Si usano leve doppie, come quella schizzata a fig. 60. Del resto, negli schemi basta l'impiego dei simboli adatti per distinguere, come nelle figg. 58 e 59, che in un caso si tratta di un ricevitore Morse per corrente di lavoro, nell'altro di un ricevitore Morse per corrente di riposo.

Nella fig. 61 (pag. 24) è disegnato un impianto con due stazioni intermedie, funzionante a corrente di lavoro. Premendo uno

qualsiasi dei tasti, passa corrente nella linea e di conseguenza vengono attratte le ancorette di tutti i ricevitori e le rotelle scriventi toccano il nastro di carta. L'apparecchio della stazione trasmittente non registra i segnali.

Siete ora pregati di seguire il circuito nell'ipotesi che sia stato premuto per esempio il tasto della prima stazione intermedia.

Nella fig. 62 si vede invece un impianto telegrafico con stazioni intermedie, predisposte per esercizio a corrente di riposo.

In generale è preferibile l'esercizio a corrente di lavoro negli impianti che possiedono linee di notevole lunghezza, ma senza o soltanto con poche stazioni intermedie. Ognuna delle stazioni di collegamento deve in questo caso essere dotata di una propria batteria, la quale deve essere capace di superare l'intiera distanza della linea.
L'esercizio a corrente di riposo è invece consigliabile, quando esistono parecchie stazioni intermedie. In questo caso è sufficiente un'unica batteria per l'alimentazione di tutto quanto l'impianto. I singoli elementi della batteria si possono però distribuire fra le varie stazioni; basta che essi siano tutti collegati in serie. Nell'intiero impianto circola continuamente una corrente di riposo, che viene interrotta brevemente soltanto durante la trasmissione dei messaggi, nel ritmo dei segnali Morse.

Domande

1. Chi fu l'inventore del telegrafo scrivente che viene usato ancora oggi?
2. Qual'è il principio fondamentale che permise la realizzazione di questo telegrafo?
3. In che modo si può risparmiare il conduttore di ritorno in un impianto telegrafico?
4. Quali sono i due tipi di collegamento per impianti telegrafici?

Risposte alle domande di pag. 10.

1. Le pile possono essere collegate in serie o in parallelo.
2. Collegando in serie varie pile, aumenta la tensione.
3. Collegando in serie quattro pile, capaci ciascuna di erogare un ampère di corrente, anche la batteria risultante non potrà erogare più di un ampère.

Risposte alle domande di pag. 13.

1. Quando più suonerie di un impianto di campanelli sono collegate in parallelo, anche le pile della batteria vanno collegate in parallelo.
2. Un dispositivo che permetta di indicare, da quale camera sia stato suonato il campanello si chiama: « impianto di chiamata a cartellini ».

Risposte alle domande di pag. 17.

1. Un'onda è costituita dalla semionda positiva e dalla semionda negativa (« monte » e « valle »).
2. La lunghezza d'onda non ha nulla a che vedere con l'ampiezza dell'onda.
3. Il punto, dal quale si dipartono le onde, si chiama « punto di perturbazione » (nell'acqua essa può essere il punto di caduta di un sasso).
4. Le onde sonore sono onde dell'aria.
5. L'onda luminosa si propaga con una velocità di 300 000 chilometri al secondo.
6. In fisica si intende per « étere » la sostanza ipotetica che riempie ogni spazio ed è contenuta anche in ogni oggetto.

Risposte alle domande di pag. 24.

1. L'inventore del telegrafo scrivente è l'americano Samuele Morse.
2. L'applicazione dell'elettromagnete costituì la soluzione migliore per la trasmissione elettrica di segnali.
3. Il conduttore di ritorno in un impianto telegrafico si può risparmiare utilizzando in luogo di esso la terra.
4. Si distinguono l'esercizio a corrente di lavoro e l'esercizio a corrente di riposo.

CONCLUSIONE

Ecco che avete terminato lo studio anche della seconda dispensa. Prima che vi dedichiate alla soluzione dei compiti, vogliamo indicarvi ancora una volta i principi fondamentali di uno studio proficuo. D'altronde ognuno affronterà questo compito a suo modo, secondo il temperamento personale.

Non può essere che di vantaggio, se vi ripetiamo i seguenti consigli:

1. Non leggete la dispensa tutta d'un sol fiato, e non risolvete i compiti subito dopo. Se anche voi azzeccaste i risultati e le risposte esatte, correreste però il rischio di dimenticare in breve la materia. Suddividete quindi lo studio nel corso dell'intiero mese e ripetete ogni volta quanto avete già appreso, prima di continuare a studiare la dispensa.
2. Dopo aver studiato un certo argomento, provate a fare una piccola conferenza su di esso, come se foste voi l'insegnante.
3. Rispondete da solo a tutte le domande contenute nella dispensa notando le risposte nel vostro quaderno. Potrete così controllare da solo i vostri errori e stabilire così voi stesso, dove si trovano le lacune del vostro sapere: là dovrete quindi insistere maggiormente.
4. Finora siete ancora all'inizio dello studio. I fenomeni finora trattati sono quasi tutti di facile comprensione e si apprendono rapidamente. Però si possono anche dimenticare con facilità. Tenete perciò sempre presente che è proprio ora il periodo più importante dello studio. Più tardi, quando verrete introdotti nella conoscenza dei fenomeni più complessi, avrete bisogno delle basi solide. Le nozioni fondamentali dovranno allora essere in vostro completo possesso; solo in tal modo lo studio vi sarà leggero fino al suo termine. Diverrete così con facilità, a poco a poco, un abile specialista. E per raggiungere questa meta, vale la pena di studiare sistematicamente e con costanza fin dagli inizi.

COMPITI

1. In qual modo si devono collegare più pile per aumentare la tensione?
2. Quale tipo di collegamento si applica, quando si vuole ottenere da una batteria la massima intensità di corrente con tensione relativamente bassa?
3. a) $\frac{16\,z}{4} = 6$; $z = ?$ b) $\frac{5\,x}{3} = 5$; $x = ?$ c) $\frac{20\,y}{3} = 4$; $y = ?$
4. Quali sono i poli delle pile e delle batterie?
5. Le batterie anodiche hanno una tensione elevata, oppure sono in grado di erogare una forte intensità di corrente?
6. Disegnate il circuito elettrico della fig. 20 a pag. 10 di questa Dispensa, quando sono chiusi i contatti « 1 » e « 3 ». Disegnate ogni volta lo schema completo. Indicate il senso della corrente con delle frecce. Rappresentate la batteria col suo simbolo giusto.
7. Disegnate lo schema di un impianto di campanelli con due suonerie collegate in serie come nella fig. 24, ma con una batteria costituita da quattro celle. Il simbolo per la suoneria è riprodotto nella fig. 63.

Fig.63

8. Disegnate lo schema di un impianto di campanelli con due suonerie collegate in parallelo, due contatti a pulsante ed una batteria. Ciascuno dei due pulsanti deve comandare entrambe le suonerie. La batteria deve essere costituita da quattro celle. Badate al collegamento delle celle.
9. Come va collegata la batteria, quando in un impianto di campanelli vi sono più suonerie collegate in serie?
10. Qual'è la differenza fondamentale tra le onde sonore e le onde radio?
11. Le onde luminose sono onde dell'aria o dell'étere?
12. Come è fatta la levetta di un ricevitore Morse per esercizio a corrente di riposo?
13. Disegnate l'impianto telegrafico semplice della fig. 50, che è un impianto a corrente di lavoro, usando i giusti simboli per il tasto Morse, per la batteria e per il ricevitore Morse. Il simbolo della terra è indicato nella fig. 64.

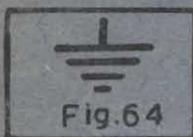



Fig.64

Prima di inviarci le vostre soluzioni per la correzione, rileggete le « Istruzioni » a pag. 27 della dispensa N. 1.

DISPENSA N°. 3

CORSO DI TECNICA DELLE

TELECOMUNICAZIONI

IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA

ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 3

C O R S O   D I   T E C N I C A   D E L L E

TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA | **Dispensa N. 3**

RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

L'introduzione nella tecnica delle telecomunicazioni è continuata nella Dispensa N. 2. Nel Capitolo sulle « Sorgenti di corrente debole », la cui trattazione era stata iniziata fin dalla prima Dispensa, sono state descritte varie specie di pile; fra queste la più importante è la pila Leclanchè.

Il Capitolo sulla « Tecnica dei collegamenti » vi ha introdotti in un campo nuovo. Avete appreso che le pile si possono collegare in serie oppure in parallelo e vi siete fissati in mente la seguente proporzione: nel collegamento in serie di più pile, si sommano le singole tensioni; nel collegamento in parallelo invece si sommano le singole intensità di corrente.

Fin dalla Dispensa N. 1 avevate conosciuto un semplice impianto di campanello. Nella Dispensa N. 2 abbiamo fatto un passo avanti e si sono trattati i collegamenti negli impianti di campanelli. Vi è stato così spiegato che gli utilizzatori di corrente collegati fra loro in parallelo consumano più corrente, allo stesso modo che le pile collegate in parallelo possono erogare una corrente maggiore. E viceversa, che gli utilizzatori collegati in serie abbisognano di una tensione superiore, allo stesso modo come le pile collegate in serie danno una tensione più elevata. La conoscenza di questi due principî è molto importante per il giusto collegamento degli impianti di campanelli.

Nel Capitolo sulla « Radiotecnica » avete conosciuto la natura delle onde elettriche. Vi è stato spiegato anche il differente comportamento dell'aria e dell'etere. Avete così appreso che le onde della radio sono onde dell'etere che si propagano con la velocità di 300.000 chilometri al secondo. La velocità di propagazione delle radioonde è quindi la medesima della luce.

Nel Capitolo sugli « Impianti telegrafici » siete stati introdotti in un ramo molto importante della tecnica delle telecomunicazioni. Avete conosciuto dapprima il telegrafo Morse. Con l'aiuto di un disegno vi sono state mostrate le parti che costituiscono un ricevitore Morse.

Trattando dei collegamenti telegrafici, vi è stata spiegata la differenza tra gli impianti telegrafici a corrente di lavoro e quelli a corrente di riposo. L'esercizio a corrente di lavoro è adatto nel caso di impianti dotati di una rete molto estesa, ma totalmente o quasi sprovvista di stazioni intermedie. L'esercizio a corrente di riposo è invece preferibile, quando vi sono numerose stazioni intermedie disposte nel corso della linea.

Questo, in brevi tratti, era il contenuto della Dispensa N. 2 sulle telecomunicazioni, da voi ora terminata.

A questo punto vogliamo esortarvi ancora una volta a meditare tutta la materia appresa nella Dispensa N. 2 a fondo, prima di continuare lo studio. Esaminate coscienziosamente, se avete davvero ben compreso tutto della Dispensa precedente. Solo quando vi sentirete in grado di rispondere affermativamente a questa domanda, potrete iniziare lo studio della Dispensa successiva.

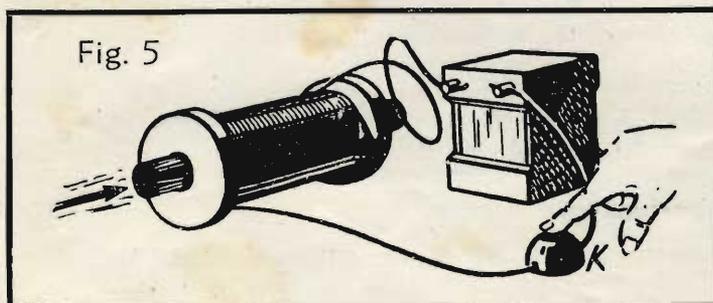
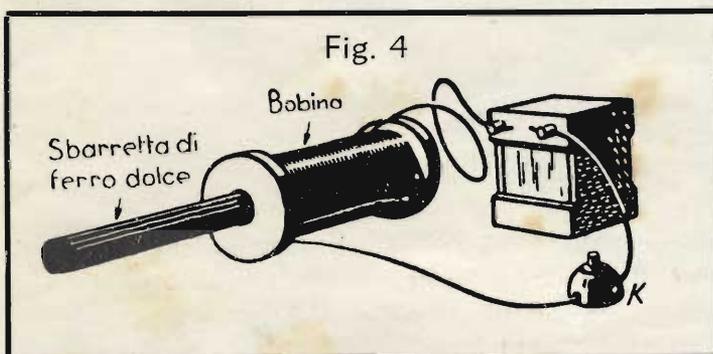
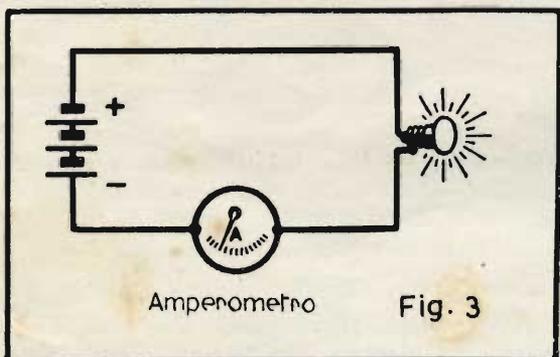
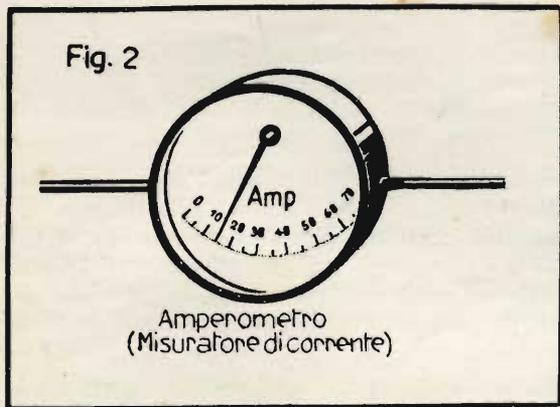
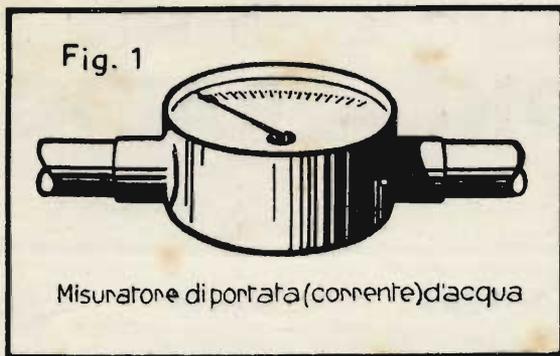
TECNICA DELLE MISURE

Avete ormai appreso svariate nozioni nel campo della tecnica delle telecomunicazioni e dell'elettrotecnica generale. Conoscete alcune sorgenti di corrente e sapete che una pila possiede questa o quella tensione, o che un utilizzatore consuma questa o quella corrente. Vi è pure noto che la tensione si misura in volt e l'intensità di corrente in ampère.

Vi capiterà ora assai spesso di dover misurare la tensione o la corrente di una pila. Esistono a questo scopo strumenti di misura che indicano la corrente in ampère oppure la tensione in volt.

Lo strumento che misura l'intensità di corrente in ampère si chiama « misuratore di corrente » o « amperometro »; lo strumento per le tensioni si chiama « misuratore di tensione » o « voltmetro ». Vi spiegheremo ora, come sono fatti questi due strumenti di misura.

La misura della intensità di corrente con l'amperometro

Prima di occuparci direttamente della misurazione della intensità di corrente e della costruzione degli amperometri è bene chiarire meglio alcune cose, facendo nuovamente un paragone con la corrente d'acqua.

Immaginatevi una conduttura nella quale scorra costantemente una corrente d'acqua. Naturalmente tanto il consumatore di acqua, cioè l'utente, quanto il fornitore, cioè l'acquedotto, hanno necessità di potere conoscere in ogni momento la quantità d'acqua che scorre nella conduttura in una determinata unità di tempo, ad esempio in un minuto secondo, per poterne stabilire l'effettivo consumo.

Ciò significa che entrambi vogliono potere sapere in ogni momento quanta acqua è possibile prelevare dalla « rete idrica » in un determinato tempo. A tale scopo viene inserito nella conduttura un misuratore della corrente d'acqua o « misuratore di portata » (fig. 1). Quando si apre un rubinetto e si consuma dell'acqua, questo « misuratore di portata » indica in ogni momento la quantità d'acqua che scorre nella conduttura in ogni unità di tempo, ad es. ogni minuto secondo.

La misura della intensità di corrente elettrica avviene in modo simile e, se paragoniamo la corrente elettrica alla corrente d'acqua, potremo allora comprendere con facilità il principio su cui si fonda la misura della intensità della corrente elettrica. Infatti, così come il « misuratore di portata » viene inserito nella conduttura d'acqua, anche il « misuratore di corrente elettrica » (amperometro) viene inserito nella conduttura elettrica ed esso indica allora l'intensità della corrente che scorre nella linea elettrica.

Poniamo che si voglia conoscere l'intensità di corrente che scorre attraverso una lampadina. Basterà allora inserire un « amperometro » in un punto qualsiasi del circuito (fig. 3) e sulla scala dello strumento si potrà leggere il numero di ampère di corrente che scorrono nella lampadina.

Pensando nuovamente al paragone fatto con la corrente d'acqua, si può facilmente comprendere come l'intensità sia sempre uguale in tutti i punti della conduttura d'acqua come nel circuito elettrico. Non ha quindi importanza il punto nel quale l'amperometro viene inserito nel circuito. Esso può indifferentemente trovarsi presso la batteria oppure accanto all'apparecchio che consuma la corrente (ad es. la lampadina); in qualsiasi punto, a monte o a valle della lampadina, l'amperometro segnerà sempre la medesima intensità di corrente.

Costruzione e funzionamento di un amperometro

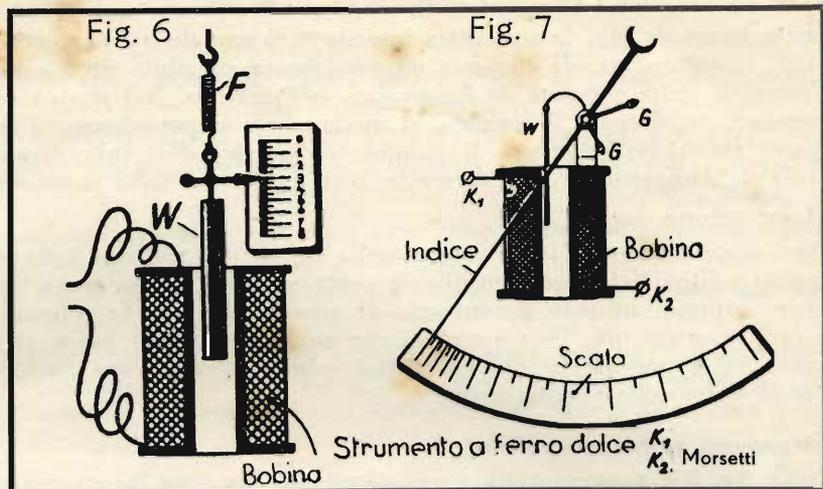
Prima di descrivere la costruzione di un amperometro di tipo semplicissimo, facciamo una esperienza. Nella fig. 4 è rappresentata una bobina costituita da molte spire di filo la quale è collegata con una batteria attraverso un interruttore a pulsante *K*.

Una sbarretta di ferro dolce è infilata nella bobina per un piccolo tratto e ne sporge per la maggior parte della propria lunghezza. Se premendo il pulsante dell'interruttore *K* noi chiudiamo il circuito e facciamo circolare corrente nella bobina, la sbarretta di ferro viene improvvisamente « succhiata » nell'interno della bobina stessa.

Se mentre teniamo abbassato il pulsante, cioè mentre la corrente circola nella bobina, tentiamo di estrarre da questa la sbarretta di ferro, notiamo che per poterlo fare occorre un certo sforzo. La sbarretta infatti viene trattenuta nella bobina finchè in questa circola della corrente e, solo dopo

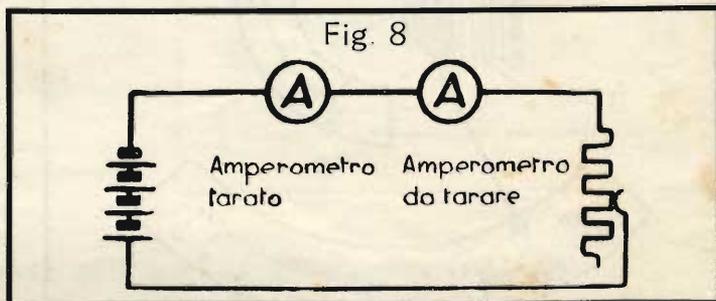
che il circuito è stato aperto e la corrente interrotta, sarà facile poterla estrarre.

La costruzione dei più semplici strumenti di misura è basata appunto su questa proprietà posseduta da una bobina percorsa da corrente di attirare nel suo interno una sbarretta di ferro dolce.

La fig. 6 mostra schematicamente il funzionamento di un cosiddetto « strumento a ferro dolce ». Una sbarretta di ferro dolce *W* appesa ad una molla a spirale *F* penetra per un tratto della sua lunghezza nell'interno di una bobina. Un indice fissato sulla sbarretta segna su di una piccola scala gli spostamenti fatti dalla sbarretta stessa sia verso l'alto che verso il basso.

Non appena si invia della corrente nella bobina, la sbarretta viene attratta nell'interno della bobina più o meno profondamente a seconda dell'intensità della corrente che in essa è stata fatta circolare. La penetrazione è tanto maggiore quanto più intensa è la corrente impiegata.

Naturalmente nella pratica non si usano apparecchi così rudimentali perchè essi sono poco precisi.

La fig. 7 rappresenta invece un sistema migliore. Anche qui abbiamo una sbarretta di ferro dolce *W* il cui peso è controbilanciato per mezzo di piccoli contrappesi *G*, che penetra in parte in una bobina.

Maggiore è la corrente che viene fatta circolare nella bobina, tanto più profonda sarà la penetrazione della sbarretta e altrettanto più grande la escursione, cioè la deviazione dell'indice che segna su di una scala il valore della corrente circolante.

La taratura degli amperometri

La taratura degli amperometri è molto semplice da eseguire se si dispone di uno strumento già tarato in precedenza il quale deve essere inserito nello stesso circuito con lo strumento da tarare e collegato in serie ad esso. In questo modo entrambi gli strumenti vengono attraversati dalla medesima corrente e quindi devono indicare sulle rispettive scale i medesimi valori di intensità.

Se facendo circolare la corrente nel circuito l'apparecchio già tarato indica 2 ampère, si segna allora lo stesso valore sulla scala dell'apparecchio da tarare nella posizione assunta in quel momento dal suo indice. In altre parole la taratura consiste nel far corrispondere sulla scala dell'apparecchio da tarare le posizioni assunte di volta in volta dall'indice dell'apparecchio già tarato riportandovi i medesimi valori.

Per potere eseguire con più facilità tale operazione di taratura che deve essere fatta per tutti i differenti valori della scala dello strumento, cioè per tutto il cosidetto « campo di misura », occorre disporre di una corrente la cui intensità possa essere regolabile a piacere da un valore massimo allo zero. Ciò si può ottenere inserendo nel circuito come « apparecchio utilizzatore di corrente » una « resistenza variabile » o « rèostato ».

Regolando il valore della « resistenza variabile » è quindi possibile potere disporre di volta in volta di determinate intensità di corrente che permettono di tarare l'amperometro e di stabilire sulla sua scala l'esatta graduazione in corrispondenza delle indicazioni dell'amperometro già tarato.

Naturalmente in relazione alla corrente massima di cui si dispone, quanto più grande è il valore della resistenza inserita, altrettanto più piccola diventa la corrente circolante nel circuito.

Ancora una volta il paragone con la corrente d'acqua potrà aiutarvi a comprendere il funzionamento delle « resistenze variabili » o « rèostati » che dir si voglia. Infatti collegando ad un serbatoio una conduttura di grande diametro in essa passerà una forte corrente d'acqua, se invece allo stesso serbatoio colleghiamo una conduttura di piccolo diametro la corrente che vi passerà sarà più piccola della precedente. Nel primo caso la conduttura oppone all'acqua una piccola resistenza mentre nel secondo caso il tubo più piccolo rappresenta per l'acqua una resistenza più elevata.

Il medesimo effetto si può ottenere anche in modo diverso. Supponiamo che dal solito serbatoio partano due tubi di uguale sezione ma che uno sia corto e l'altro invece molto lungo. Comprenderete certo facilmente che la corrente d'acqua incontrerà nel tubo corto una resistenza assai minore che non nel tubo lungo e che quindi, nello stesso tempo, attraverso il tubo corto scorrerà più acqua che attraverso quello lungo.

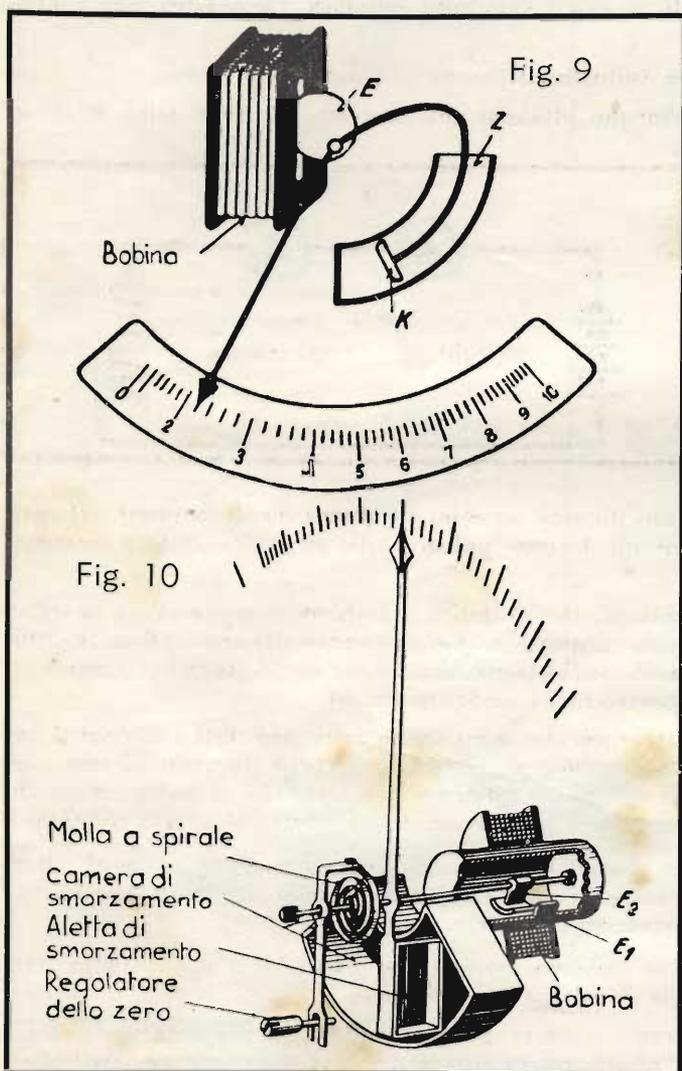
Le correnti elettriche si comportano allo stesso modo. Quando il « cursore » o contatto scorrevole del rèostato

(resistenza variabile) è regolato in modo che fra il suo morsetto di entrata e quello di uscita sia compreso un tratto lungo di filo, la resistenza inserita sarà grande e l'intensità di corrente resta limitata ad un valore piccolo. È chiaro quindi che con una resistenza variabile di questo genere noi possiamo modificare a piacere l'intensità della corrente da far passare nel circuito. Nel nostro caso, per effettuare la taratura di un amperometro, regoleremo il rèostato in modo che l'amperometro già tarato segni dapprima 1 ampère, poi 2 ampère e così via. Dopo la lettura di ognuno dei singoli valori sullo strumento tarato si segna un eguale valore sulla scala dell'amperometro da tarare in corrispondenza della posizione assunta dal suo indice.

Osservazione.

Non avete notato nulla di strano nella fig. 8? Il simbolo della batteria vi è disegnato in modo differente da quello solito: l'elettrodo positivo è contrassegnato da un lungo tratto sottile, quello negativo da un breve tratto grosso; quindi proprio il contrario di quanto abbiamo fatto finora. In molti paesi si usa infatti il simbolo come è rappresentato qui. Non è escluso che anche nel nostro paese si possa un giorno adottare questo segno diverso, ed è per questo che l'abbiamo voluto riportare qui per farvelo conoscere. In seguito useremo però sempre il segno nella vecchia forma.

Strumenti a ferro mobile

Nella fig. 9 è rappresentata schematicamente un'altra forma costruttiva di strumento a ferro mobile. Invece di una sbarretta abbiamo qui un dischetto di ferro dolce E imperniato eccentricamente, cioè fuori del suo centro.

Per smorzare il più possibile le oscillazioni dell'indice, questi è solidale con un pistoncino K che si sposta in un tubo a sezione circolare di forma adeguata. Il cuscinetto d'aria compresso dal pistoncino rallenta il movimento dell'indice e permette di ottenere lo smorzamento desiderato.

La figura 10 mostra un altro sistema. Il funzionamento dello strumento di misura che vi è rappresentato non è identico a quello degli strumenti di misura descritti precedentemente, ma il principio informatore è però sempre il medesimo. Lo strumento è dotato di una bobina « toroidale », cioè a forma di anello, nella quale sono disposti due nuclei di ferro, E_1 fissato al corpo della bobina ed E_2 fissato invece su di un albero girevole al centro della bobina il quale, ad una sua estremità porta l'indice dello strumento.

Quando la bobina è percorsa dalla corrente che si vuole misurare, i due nuclei E_1 ed E_2 si magnetizzano con polarità uguale e, come due poli dello stesso nome cercano di respingersi a vicenda. In conseguenza di ciò il nucleo mobile tende ad allontanarsi da quello fisso facendo ruotare l'albero girevole sul quale è fissato anche l'indice dello strumento sino a quando la forza crescente di una molla spirale equilibra la forza con cui i due nuclei E_1 ed E_2 si respingono.

In questa posizione di equilibrio, l'indice segna sulla scala il valore della corrente. Anche qui c'è un dispositivo di smorzamento ad aria (freno pneumatico) che ferma rapidamente l'indice dopo ogni escursione. Invece che di un pistoncino, esso è costituito da un'aletta frenante che si muove in una camera chiusa (fig. 10). Per poter far sì che in assenza di corrente l'indice stia sempre sul valore « zero », lo strumento è dotato di un'apposita « vite di messa a zero » azionabile dall'esterno.

I sistemi rappresentati nelle figg. 9 e 10 sono quelli oggi più usati per gli strumenti di questo genere. Il principio del funzionamento di entrambi si basa sulla rotazione di un nucleo di ferro dolce, e per questo si chiamano «strumenti a ferro mobile», designazione che manterremo anche in futuro. Questi strumenti si chiamano anche «elettromagnetici», perchè dotati di un elettromagnete.

Domande

1. Come si chiama lo strumento che serve a misurare l'intensità della corrente elettrica?
2. Con quale strumento si misurano le tensioni elettriche?
3. Qual'è la proprietà di una bobina percorsa da corrente che consente la costruzione di un semplice « strumento a ferro mobile »?

Costruzione e funzionamento di un voltmetro

Come sapete, oltre agli amperometri esistono anche i «misuratori di tensione» o «voltmetri». Come sono costituiti e come funzionano questi strumenti di misura? È questa la domanda alla quale vogliamo ora rispondere.

Il funzionamento degli amperometri e dei voltmetri è identico. Infatti lo spostamento dell'indice di entrambi gli strumenti è dovuto al passaggio della corrente elettrica. Il compito dei due tipi di strumenti è però differente:

L'amperometro deve indicare la quantità di corrente che passa nell'unità di tempo attraverso una sezione del conduttore.

Il voltmetro invece deve misurare la pressione elettrica, ossia la tensione esistente tra due punti del circuito.

Da questi compiti differenti consegue la necessità che amperometro e voltmetro siano inseriti in modo differente fra di loro. L'amperometro viene inserito, come sapete, nel corso di una linea, come un misuratore della portata d'acqua. Esso deve misurare la « quantità di corrente » che attraversa la sezione della linea; è chiaro quindi che tutta la corrente da misurare deve attraversare il dispositivo di misura ossia l'amperometro.

Nella fig. 11 si vede come viene inserito nel circuito un amperometro. Questa figura rappresenta lo schema dell'intero circuito. Bisogna ora osservare che la corrente indicata dall'amperometro dipende dall'apparecchio consumatore allacciato. Se la corrente che passa nell'apparecchio consumatore è forte, l'amperometro segna un valore elevato; ma se invece il consumatore non lascia passare che una piccola corrente, anche l'amperometro, fedelmente, indica che nel circuito scorre solo poca corrente.

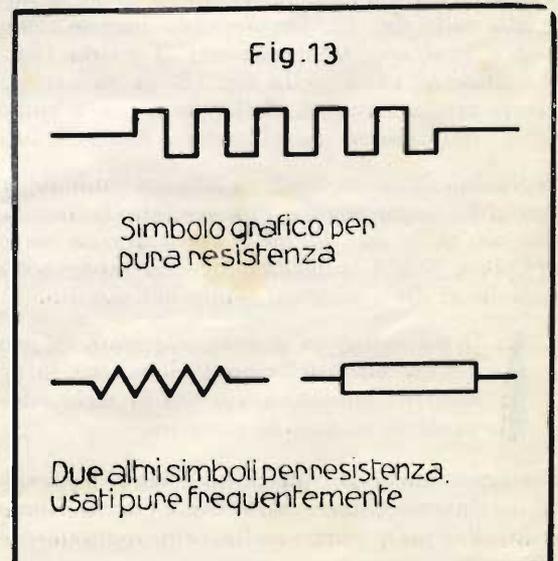
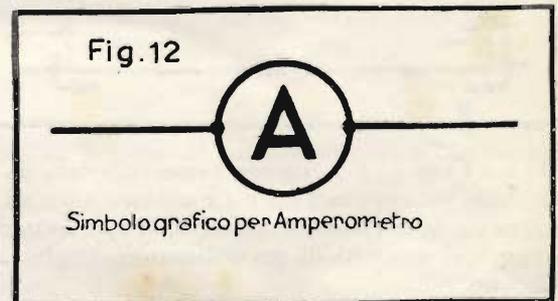
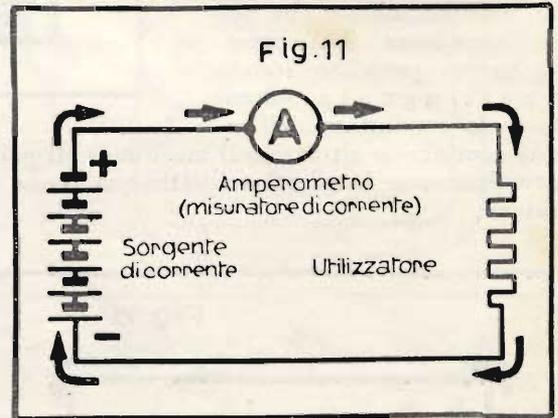
Al solito le cose diventano più chiare, se pensiamo un momento al paragone con l'acqua. Se voi, consumatore d'acqua, aprite completamente il rubinetto del vostro lavandino, avrete una grande quantità d'acqua che passa attraverso la sezione delle condutture, sia di entrata che di scarico; se invece limitate il consumo (limitando l'apertura del vostro rubinetto) attraverso le condutture passerà poca acqua.

Lo schema della fig. 11 mostra inoltre anche altre cose. Vi si vede anzitutto il giusto simbolo di un amperometro. Esso è disegnato un'altra volta da solo nella fig. 12, ed è costituito da un cerchio con dentro una grossa « A ».

L'apparecchio consumatore, che potrebbe essere per es. una lampadina elettrica, un termoforo, un bollitore ecc., è rappresentato da una linea a « greca » (fig. 11). Questo segno, che è disegnato nuovamente nella fig. 13, significa una resistenza.

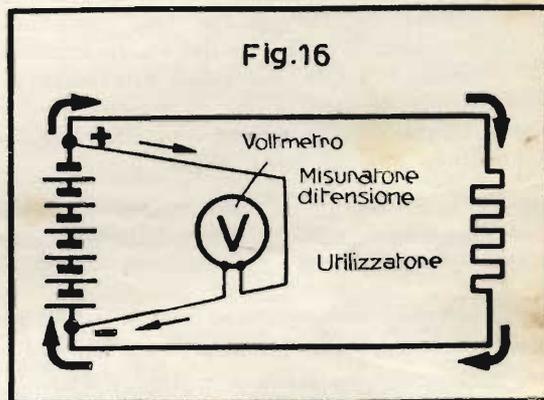
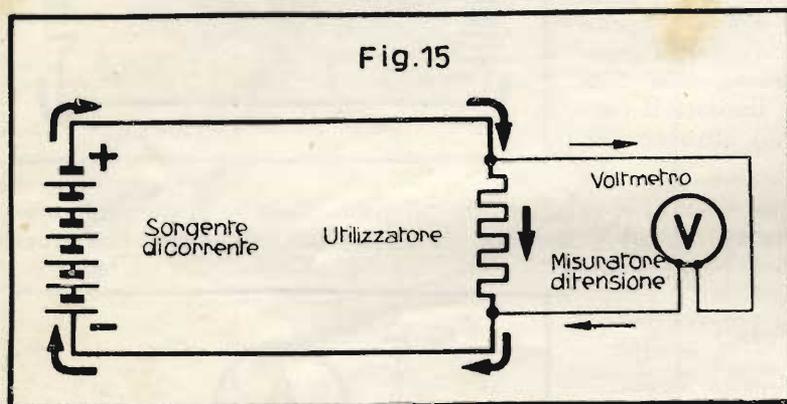
Vi chiederete ora, per quale ragione si usi il simbolo di una resistenza per rappresentare un consumatore di corrente. Ciò dipende dal fatto che qualsiasi consumatore o utilizzatore di corrente oppone una certa resistenza al passaggio della stessa. Naturalmente, a seconda dei casi, questa resistenza può essere più o meno grande. Per questo il simbolo di un consumatore è identico a quello di una resistenza.

L'amperometro è attraversato dall'intiera corrente circolante nel circuito elettrico. La resistenza propria dell'amperometro deve essere piccola, poichè altrimenti si avrebbe una « caduta di tensione », analoga alla diminuzione della pressione dell'acqua che si ha nel passaggio della stessa attraverso una strozzatura. In effetti, una leggera caduta di tensione vi sarà sempre; bisogna però far sì che essa sia la più piccola possibile. Più piccola sarà la resistenza interna dell'amperometro, e minore sarà la caduta di tensione da esso determinata.

Bisogna cercare di facilitare il passaggio della corrente attraverso l'amperometro, e ciò si fa, costruendo le bobine per gli amperometri con poche spire di filo grosso.

Facciamo ancora una volta il paragone con la conduttura d'acqua! Immaginatevi una condotta d'acqua costituita da un grosso tubo. Si desidera misurare la quantità d'acqua che passa per il tubo nell'unità di tempo, e si dispone a questo scopo di un « misuratore di portata » (fig. 14).

Supponiamo però che gli attacchi di questo misuratore di portata siano molto più stretti della tubazione. Occorrono quindi due giunti di riduzione che permettano di inserire il misuratore di portata nella conduttura (fig. 14).

Il risultato della misura effettuata con questa disposizione sarà certamente errato, poichè i raccordi troppo stretti che collegano lo strumento di misura alla tubazione oppongono una resistenza troppo forte al passaggio della corrente d'acqua, resistenza molto maggiore che nella tubazione larga. Pertanto la resistenza complessiva è aumentata e quindi la corrente d'acqua diminuisce.

Quanto sopra si può constatare praticamente perchè la quantità dell'acqua che scorre nel consumatore, p. es. quella che esce dal rubinetto, è molto minore che non in precedenza. La corrente invece potrebbe restare quasi uguale soltanto se la conduttura dell'acqua continuasse attraverso il misuratore di portata con una sezione pressapoco uguale. Quest'esempio vi fa comprendere come la pressione dell'acqua venga ridotta, a causa della maggior resistenza provocata dalla strozzatura.

Il voltmetro invece viene collegato in un modo del tutto differente da un amperometro. Col voltmetro si vuole infatti misurare la tensione esistente tra due punti del circuito. Si desidera per esempio misurare la tensione ai morsetti di una batteria o di un generatore (tensione resa da una sorgente di corrente); oppure ai morsetti di un utilizzatore (caduta di tensione) o in generale la tensione tra due punti qualsiasi del circuito.

Volendo per esempio misurare la tensione ai morsetti di un utilizzatore, collegheremo il voltmetro come è mostrato nella fig. 15. Desiderando invece conoscere la tensione di una sorgente di corrente applicheremo il voltmetro direttamente ai morsetti di questa (fig. 16). Se voleste determinare la tensione della sorgente, collegando il voltmetro come nella fig. 15, la misura sarebbe sicuramente sbagliata; infatti, nelle lunghe linee di collegamento tra la sorgente ed il punto, ove è applicato il voltmetro, si forma una caduta di tensione e quindi in tal caso l'indicazione del voltmetro risulterà inferiore alla reale tensione esistente ai morsetti.

Nelle figg. 15 e 16 avete notato un simbolo nuovo per voi. Si tratta del segno per il voltmetro, che è disegnato un'altra volta da solo nella fig. 17 ed è costituito da un cerchio con una grande « V ». I collegamenti sono rappresentati dalle due linee che si dipartono dal fondo del cerchio.

Il voltmetro va sempre allacciato in parallelo alla parte del circuito, della quale si misura la tensione. L'amperometro invece va inserito in serie entro il circuito del quale si misura la corrente.

Facciamo anche in questa occasione il paragone con l'acqua. Immaginiamoci una conduttura a circolazione d'acqua (un circuito d'acqua), come quella rappresentata nella fig. 18. Sup-

poniamo che nella colonna ascendente sia installata una pompa, destinata a sollevare l'acqua dal tubo inferiore a quello superiore. Nella colonna in discesa è inserita una turbina, azionata dall'acqua in discesa. L'energia prodotta dalla turbina dipende in misura rilevante dalla pressione dell'acqua sulle pale della turbina stessa.

Ci interessa quindi di poter conoscere questa pressione, e desideriamo misurarla. Lo strumento di misura che adoperiamo a questo scopo, è costruito in modo anologo a un voltmetro e viene collegato in parallelo all'utilizzatore. Una parte dell'acqua sollevata dalla pompa passerà quindi attraverso al misuratore di pressione, anzichè attraverso la turbina. È evidente che cercheremo di ridurre il più possibile il quantitativo dell'acqua che non passando nella turbina rimane in tal modo inutilizzata. Faremo quindi la tubazione che conduce l'acqua attraverso al misuratore di pressione molto stretta, affinchè ve ne possa passare solo poca.

Ma ciò non significa altro che aumentare fortemente la resistenza al passaggio dell'acqua attraverso il misuratore di pressione.

Se invece, usando una tubazione troppo grande, lasciassimo passare attraverso al misuratore di pressione una quantità d'acqua uguale a quella che scorre nella turbina, questa ultima non potrebbe fornire che la metà della energia data precedentemente; questa disposizione sarebbe quindi assai poco conveniente.

Nel circuito elettrico abbiamo le medesime condizioni. Anche qui è necessario che la corrente che passa nel voltmetro, collegato in parallelo all'utilizzatore, sia assai piccola, in modo da poter sfruttare il massimo quantitativo disponibile di corrente a favore dell'utilizzatore.

Attraverso ad un voltmetro deve dunque passare poca corrente, altrimenti esso diventa un consumatore supplementare; la resistenza interna di un voltmetro deve quindi essere elevata. Al contrario, un amperometro deve essere attraversato dalla corrente senza che questa subisca perdite di tensione.

La principale differenza tra i misuratori di corrente e quelli di tensione è dunque rappresentata dalla loro resistenza interna.

Ricordiamoci:

Amperometro: piccola resistenza interna. *Voltmetro: grande resistenza interna.*

La bobina di un voltmetro è costituita da molte spire di filo sottile; la bobina di un amperometro da poche spire di filo grosso.

ELETTROTECNICA GENERALE

Nella Dispensa N. 1 avete appreso in un esteso capitolo i concetti di « intensità di corrente », « tensione » e « resistenza ». Avete inoltre imparato che, come si misura una lunghezza in metri, così si misurano l'intensità di corrente in ampère, la tensione in volt, la resistenza in ohm.

Queste tre grandezze, intensità di corrente, tensione e resistenza, sono legate tra loro da una determinata relazione, di cui tratta la legge di Ohm, una delle più importanti dell'Elettrotecnica.

La legge di Ohm

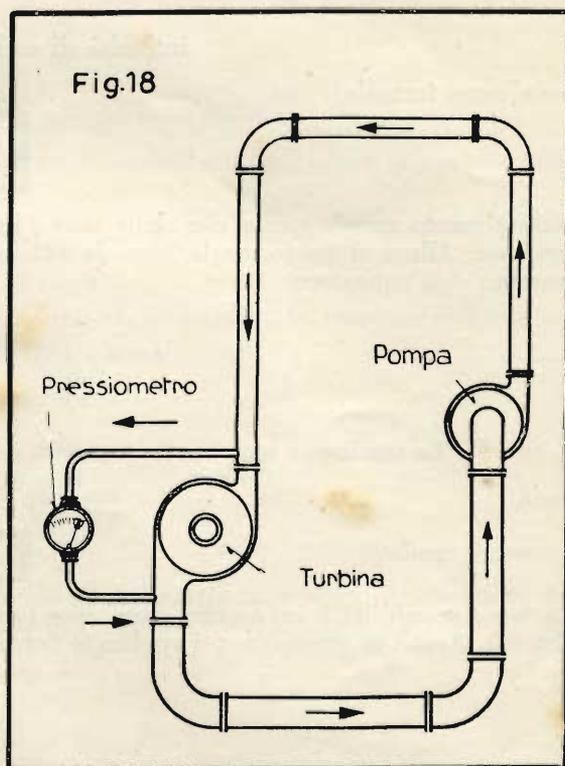
Prima di occuparci della legge di Ohm e delle sue applicazioni, dobbiamo premettere che, per intendersi più rapidamente, si sono fissate delle abbreviazioni, cioè dei simboli letterali, da usare in luogo delle parole « intensità di corrente », « tensione » e « resistenza ».

In pratica, invece di « intensità di corrente », si scrive la lettera maiuscola « I ». E in luogo della parola « tensione », si usa il simbolo « V ». La « resistenza » poi si abbrevia con l'iniziale « R ».

Queste abbreviazioni (di altro non si tratta) sono assai comode quando si vuol esprimere la legge di Ohm con una formula matematica. Poniamo dunque:

Per « intensità di corrente » la lettera « I »
Per « tensione » la lettera « V »
Per « resistenza » la lettera « R »

La legge di Ohm dice:

L'intensità di corrente è uguale alla tensione divisa per la resistenza.

ossia:

$$\text{intensità di corrente} = \frac{\text{tensione}}{\text{resistenza}}$$

ossia come formula:

$$I = \frac{V}{R} \quad \text{. . . . . Formula (2)}$$

Naturalmente accade spesso che siano note l'intensità di corrente e la resistenza, e che si debba calcolare la tensione. Allora si trasforma la formula (2) in modo che la tensione « V » venga a trovarsi da sola in un membro dell'equazione.

$$I = \frac{V}{R}$$

$$I \cdot R = \frac{V \cdot R}{R} = V$$

E quindi: La tensione è uguale alla intensità della corrente moltiplicato per la resistenza

ossia: tensione = intensità × resistenza

e come formula:

$$V = I \cdot R \quad \text{. . . . . Formula (3)}$$

La terza possibilità è infine che siano note l'intensità di corrente e la tensione e che si debba calcolare la resistenza. Anche in questo caso si applica la legge di Ohm trasformando la formula (3) in modo da isolare « R »:

$$V = I \cdot R$$

$$\frac{V}{I} = \frac{I \cdot R}{I} = R$$

E quindi: La resistenza è uguale alla tensione divisa per l'intensità di corrente

ossia:

$$\text{resistenza} = \frac{\text{tensione}}{\text{intensità}}$$

e come formula:

$$R = \frac{V}{I} \quad \text{. . . . . Formula (4)}$$

Ecco che avete così appreso una legge importantissima dell'elettrotecnica. Non si insisterà mai abbastanza sull'importanza fondamentale che queste relazioni hanno nell'intiero campo dell'elettricità.

Continuamente e dappertutto troviamo dei rapporti che sono espressi dalla legge di Ohm.

$$\text{Intensità di corrente} = \frac{\text{Tensione}}{\text{Resistenza}}$$

Questa è una base della vostra istruzione tecnica, e dovete essere in grado di disporne con assoluta sicurezza e in qualsiasi momento.

È necessario quindi approfondire ancora assieme una legge di tale importanza. Vorremmo infatti che non vi limitaste ad imparare a memoria le formule (2), (3) e (4), ma che ne comprendeste perfettamente il loro senso profondo, in modo da non potervi mai sbagliare nella loro applicazione. Ci siamo serviti spesso e con profitto del paragone con l'acqua corrente, e vogliamo tentarlo anche qui.

Immaginatevi per esempio un serbatoio d'acqua situato su una collina, dal quale si dipartono due tubazioni uguali che conducono l'una ad una casa nel quartiere alto del paese, l'altra ad una casa nel quartiere basso. Ecco ora che la massaia della casa nel quartiere alto e quella della casa nel quartiere basso aprono contemporaneamente e completamente i rubinetti delle rispettive fontane, per riempire dei recipienti uguali. Quale dei due recipienti si riempirà più in fretta? In quale dei due luoghi l'acqua scorrerà più rapidamente? Non avrete certo difficoltà a rispondere: naturalmente nel quartiere basso, perchè colà c'è la pressione più forte. Ora noi sappiamo che la pressione dell'acqua corrisponde alla tensione elettrica, e così possiamo dire senz'altro che in un circuito elettrico a parità di tutte le altre condizioni dei conduttori avremo una corrente tanto più intensa, quanto maggiore sarà la sua tensione.

Immaginiamo ora due case situate una accanto all'altra, allo stesso livello. La tubazione che porta l'acqua in una di queste due case è stretta, l'altra invece è larga. In questo caso risponderete subito che scorrerà una quantità maggiore d'acqua attraverso la conduttura più grossa. La corrente d'acqua è più forte dove la resistenza è più piccola, poichè è chiaro che la tubazione più larga oppone una resistenza minore al passaggio dell'acqua. Viceversa la conduttura stretta costituisce una resistenza elevata e quindi vi scorre una corrente minore. Esprimiamo ora queste osservazioni in termini elettrici:

La corrente elettrica che scorre in un circuito è tanto più intensa, quanto più elevata è la tensione, a parità di condizione dei conduttori.

La corrente elettrica che scorre in un circuito è tanto più intensa, quanto minore è la resistenza, a parità di condizioni di tensione.

Riuniamo queste due proposizioni in una sola, e diciamo quindi:

La corrente è tanto più intensa, quanto maggiore è la tensione e minore la resistenza.

Cerchiamo ora la giusta espressione matematica di questa legge e troviamo che non può essere che la seguente:

$$\text{Corrente} = \frac{\text{Tensione}}{\text{Resistenza}}$$

Fate la prova se l'espressione è giusta:

Raddoppiando la tensione deve scorrere, secondo il nostro ragionamento, la corrente doppia.
Raddoppiando la resistenza invece la corrente deve ridursi a metà.

Inserite dei numeri semplici come esempio e vedrete che il conto torna.

Ed ora usiamo le abbreviazioni:

Corrente = *I* *Tensione* = *V* *Resistenza* = *R*

$$\text{Corrente} = \frac{\text{Tensione}}{\text{Resistenza}} \qquad \text{ossia } I = \frac{V}{R}$$

E ora non dimenticherete più questa legge, e sarete presto in grado di utilizzarla in pratica. Abbisognate soltanto ancora delle due formule trasformate per la tensione e per la resistenza:

$$V = I \cdot R \qquad \text{e} \qquad R = \frac{V}{I}$$

L'applicazione della legge di Ohm

Pensiamo a un caso nel quale ci può servire la conoscenza della legge di Ohm.

Come sapete, nelle linee elettriche si inseriscono delle valvole che devono fondere nel momento di un pericolo.

Vi è pure noto che queste valvole (o fusibili) sono costruite per determinate intensità di corrente, p. es. per 1 ampère. Quando la corrente supera tale valore, la valvola fonde ed il circuito si interrompe.

Vogliamo ora usare una batteria per alimentare una lampadina elettrica. La batteria però verrebbe danneggiata se ne prelevassimo una corrente troppo forte. Supponiamo per esempio che la massima corrente che la batteria può erogare sia uguale a 1, ampère. Per evitare in ogni caso di guastare la batteria, inseriamo una valvola che fonde con 1 ampère. La tensione della batteria ammonta a 40 volt. La lampadina da allacciare è adatta per 40 volt ed ha una resistenza di 60 ohm. Qual è l'intensità della corrente circolante nel circuito quando si accende la lampadina?

$$I = \frac{V}{R}$$

La tensione della batteria = V = 40 volt.

La resistenza della lampadina = R = 0 ohm.

Otteniamo quindi:

$$I = \frac{40}{60} = \frac{2}{3} = \textit{0,66 ampère.}$$

Abbiamo stabilito così che la corrente non raggiunge nemmeno 1 ampère, e che quindi la batteria è in grado di erogarla senza difficoltà e senza bruciare la valvola.

Se però per inavvertenza provochiamo un corto c i r c u i t o , la valvola fonde, proteggendo la batteria dal danneggiamento. Il corto circuito può avvenire per esempio se si toccano tra loro le estremità dei fili ai quali deve essere allacciato il consumatore. In questo caso la corrente non incontra più alcuna resistenza, o solo una resistenza minima, e quindi cresce a dismisura.

Supponiamo che i conduttori abbiano una resistenza di 0,1 ohm.

In base alla legge di Ohm, la corrente di corto circuito ammonterebbe a

$$I = \frac{40}{0{,}1} = 400 \text{ ampère.}$$

Questo è un valore tanto elevato, che la batteria non è nemmeno capace di erogare una simile corrente; tuttavia la corrente diverrebbe certamente così forte da guastare la batteria, se non ci fosse la valvola a salvaguardarla.

Per darvi un'idea delle correnti, delle tensioni e delle resistenze che si presentano in pratica, riportiamo ora alcuni di questi valori:

Tensioni in volt	
Una pila Leclanché	1,5
Una cella d'accumulatore	2
Una batteria per lampadina tascabile	4,5
Una batteria d'automobile	6
(3 celle d'accumulatore)	
Rete luce p. es.	100, 160, 220
Rete forza industriale p. es.	220, 280, 380
Tramvie urbane p. es.	500
Tubi fluorescenti al neon	5000
Linee ad alta tensione p. es.	100.000

Intensità di corrente in ampère	
Una lampadina tascabile	0,2
Una lampadina media	0,25
Un apparecchio radio	0,3
Un ferro da stiro	1 a 1,5
Una stufetta elettrica	4
Una vettura tramviaria	150
Un forno elettrico di fusione per ferriera	100.000

Resistenze in ohm	
Una lampadina tascabile	20
Una stufetta elettrica	55
Un ferro da stiro	250
Una lampadina media	880
Una resistenza chimica di un apparecchio radio p. es.	1.000.000

Esempi per l'applicazione della legge di Ohm

Per terminare vogliamo calcolare alcuni esempi:

1. Problema: A quale tensione va allacciata una lampadina la cui resistenza ammonta a 440 ohm, se la corrente dovrà essere uguale a 0,5 ampère?

Soluzione: Usiamo la formula (3) $V = R \cdot I = 440 \cdot 0{,}5 = 220$ *volt.*

2. Problema: Qual'è la resistenza di un utilizzatore che, allacciato alla tensione di 220 volt, assorbe 1 ampère?

Soluzione: Applichiamo la legge di Ohm nella forma: $R = \frac{V}{I}$.

Inseriamo i valori e otteniamo

$$R = \frac{220}{1} = 220 \text{ ohm}.$$

Da questi esempi potete constatare, quanto sia utile l'applicazione della legge di Ohm, quando si tratta di determinare uno dei tre valori: intensità di corrente, tensione e resistenza nel caso siano noti gli altri due.

Domande

1. Con quale simbolo si rappresenta negli schemi un consumatore qualsiasi?
2. Paragonando la resistenza di un amperometro con quella di un voltmetro, essa deve essere maggiore o minore?
3. Qual è lo strumento che viene inserito in serie nel circuito, l'amperometro o il voltmetro?
4. Quale tensione si deve applicare a una lampadina, la cui resistenza ammonta a 220 ohm e attraverso la quale deve scorrere la corrente di 0,5 ampère?
5. Calcolate il valore della resistenza di un consumatore, sapendo che sono: la tensione V = 440 volt; la corrente I = 2 ampère.

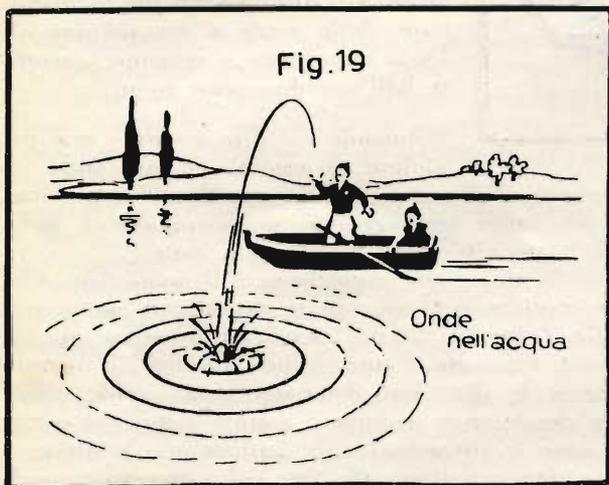
Risposte alle domande di pag. 4

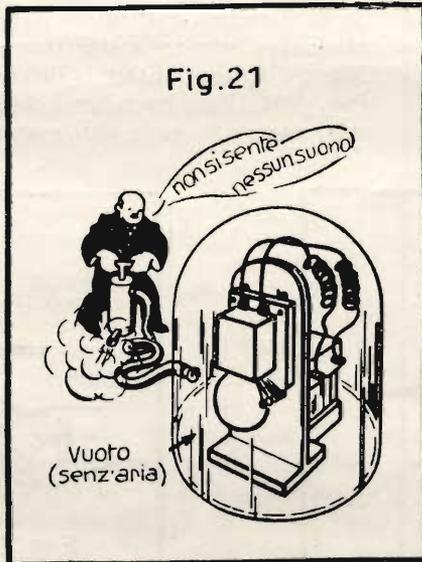
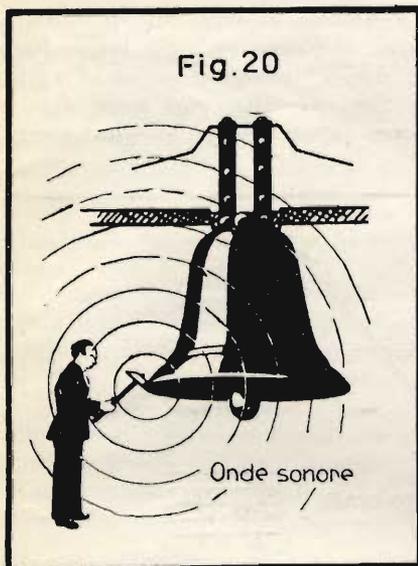
1. Lo strumento, col quale si misura l'intensità di corrente elettrica si chiama « misuratore di corrente » o « amperometro ».
2. Le tensioni elettriche si misurano col « misuratore di tensione » o « voltmetro ».
3. Il funzionamento di uno strumento a ferro dolce è basato sulla proprietà di una bobina, percorsa da corrente, di attrarre entro di sè una sbarretta di ferro.

ACUSTICA ED ELETTROACUSTICA

Uno dei compiti principali della tecnica delle telecomunicazioni consiste nella trasmissione dei suoni, siano essi musica o parole. Per questa ragione è necessario che conosciate i fondamenti dell'acustica, cioè della scienza dei suoni. Quando queste nozioni saranno state sufficientemente approfondite, faremo un passo avanti e tratteremo dell'elettroacustica, cioè della trasformazione dei suoni in correnti elettriche e viceversa, e quindi della trasmissione del suono per via elettrica.

Il suono

Il suono si presenta in molteplici forme, p. es. il canto degli uccelli, il rombo del cannone, lo strillo di un bimbo, il fragore di una cascata, l'armonia della musica. Lo studio di tutti questi suoni o rumori percepiti dal nostro orecchio rientra nel campo dell'acustica.

Se ci chiediamo: « cos'è il suono? » abbiamo pronta una risposta assai semplice, che voi già conoscete, in quanto l'avete appresa nel Capitolo sulle « Onde » della Dispensa N. 2. « Il suono è un moto ondulatorio dell'aria! ». Ricordate il paragone tra le onde sonore e le onde dell'acqua (fig. 19). Le onde d'acqua si propagano uniformemente partendo dal punto di perturbazione, cioè dal punto di caduta del sasso. A distanza crescente dal punto di perturbazione esse si indeboliscono sempre più.

Le onde sonore si propagano nell'aria in modo del tutto simile (fig. 20). Dal punto di perturbazione, che nella figura è situato a sinistra, là dove il martello colpisce la campana, le onde si dipartono sfericamente nello spazio. Anche queste onde dell'aria diventano sempre più deboli man mano che vanno allontanandosi: il suono si ode sempre più piano.

In certi casi possiamo osservare con facilità che effettivamente le onde sonore provocano proprio un movimento dell'aria. Quando per esempio un organo emette le note basse, « sentiamo » veramente le vibrazioni che si trasmettono agli oggetti e perfino al nostro corpo. Non parliamo del rombo delle esplosioni, che può infrangere i vetri delle finestre e perfino sfondare le pareti. Ad ogni modo la condizione indispensabile per la formazione delle onde sonore è sempre la presenza dell'aria.

Ciò si dimostra con un semplice esperimento. Se colleghiamo un campanello elettrico con una batteria, esso si metterà a suonare e quindi ad emettere onde sonore. Copriamo ora campanello e batteria con una campana di vetro e da questa, per mezzo di una pompa, estraiamo l'aria.

Dopo aver fatto il vuoto d'aria, pur vedendo il martelletto agitarsi fortemente come prima, non sentiremo più il trillo del campanello (fig. 21). Manca infatti l'aria che possa trasmettere il suono.

Si possono dunque generare delle onde sonore facendo delle onde nell'aria. E questo si può fare in molti modi,

Per esempio mediante una tromba, oppure, come abbiamo visto, mediante una campana, oppure un campanello. In ogni caso abbiamo un corpo, piccolo o grande, che vibra e trasmette le sue vibrazioni all'aria. Si formano così le onde dell'aria, cioè le onde sonore.

Si possono generare dei suoni in modo assai semplice, come è mostrato nella fig. 22. Prendete una riga, tenetene premuta una parte sul tavolo e fate vibrare la parte che sporge. Le vibrazioni della riga si trasmettono all'aria; le vibrazioni dell'aria colpiscono il nostro orecchio e noi percepiamo un ronzìo, quindi un suono.

Fig. 22

Fig. 23

Più lunga è la parte vibrante dell'asticciola, e più lente sono le vibrazioni e basso il suono (fig. 22). Un'asta corta vibra più rapidamente; essa genera vibrazioni dell'aria più rapide e quindi suoni più alti (fig. 23).

Potrete senz'altro eseguire quest'esperimento con l'asticciola. Potete anche perfezionare l'esperimento servendovi di un violino. Il violino è munito di corde che vengono tese e fatte poi vibrare con l'archetto o pizzicate col dito. Anche qui le vibrazioni della corda si trasmettono all'aria circostante e vengono percepite dall'orecchio come suoni.

Fig. 24

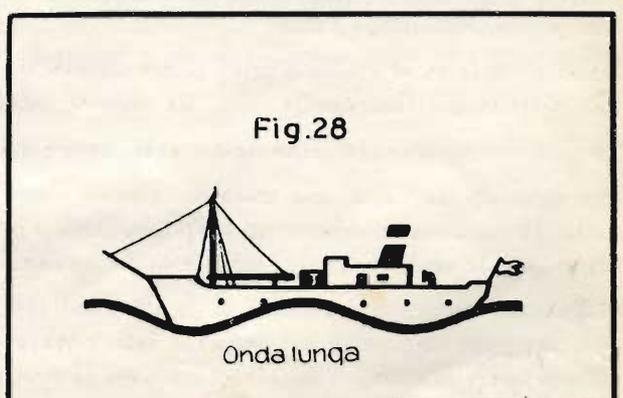
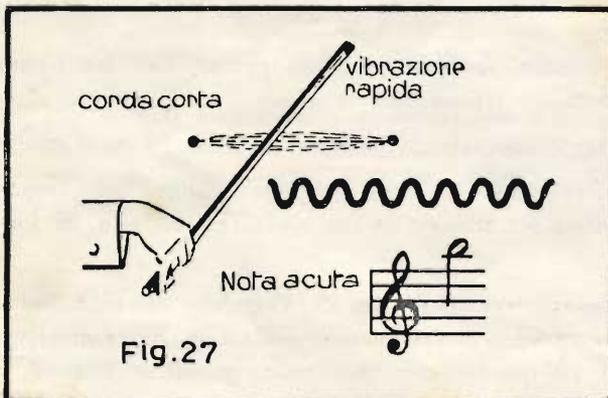
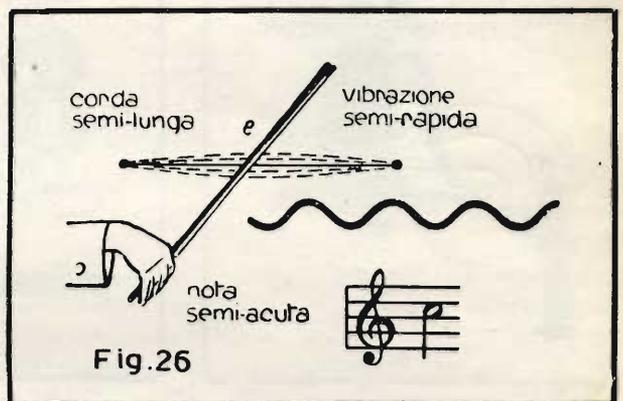
Premendo col dito le corde tese del violino, si accorcia la loro parte vibrante. Di due corde tese allo stesso modo, ma di differente lunghezza, la corda più lunga produrrà un suono più basso della corda corta, perchè le sue vibrazioni saranno più lente.
Infatti più lente sono le vibrazioni, e più basso è il suono. Una corda corta vibra più rapidamente ed emette quindi un suono più acuto (fig. 24). Nelle figure 25, 26 e 27 sono rappresentati ancora più chiaramente questi fenomeni. Come risulta dalla fig. 27, quando la corda è molto corta, le vibrazioni diventano assai rapide. Dalle figure vedete anche che le onde diventano sempre tanto più corte, quanto più rapide sono le vibrazioni. Ciò significa che la distanza dall'inizio di una semionda positiva alla fine della successiva semionda negativa diventa sempre più breve.

Se la distanza dall'inizio di una semionda positiva alla fine della successiva semionda negativa è lunga, abbiamo un'onda lunga (fig. 28). Se questa distanza invece è breve, abbiamo un'onda corta (fig. 29). Per intenderci meglio abbiamo riportato nelle figure nuovamente le onde dell'acqua. Come sapete, queste possono essere

Fig. 25

Fig. 26

Fig. 27

Fig. 28

più o meno forti. Una forte onda corta, disegnata schematicamente, è rappresentata nella fig. 30.

Onda corta

forte onda corta

Una corda tesa, come quelle usate negli strumenti ad arco, può venir pizzicata piano o forte (fig. 31). Quando viene pizzicata forte, produce delle vibrazioni forti. Queste forti vibrazioni meccaniche, si trasmettono all'aria, che vibra fortemente anch'essa. Si formano quindi delle forti onde sonore (fig. 32).

Se la corda viene pizzicata piano le sue vibrazioni sono deboli; anche nell'aria si formano soltanto deboli vibrazioni ed il suono che ne risulta è debole (fig. 33). I « monti » dell'onda sonora non sono quindi alti, e le « valli » non sono profonde!

Come già sapete, le onde sonore hanno una velocità di 333 metri al secondo. Questo si riferisce alle onde sonore che si propagano nell'aria; il suono infatti può propagarsi anche in altri mezzi, nell'acqua, nel metallo o in altri materiali. Le onde dell'aria però si propagano con la velocità di 333 metri al secondo.

Osservate, nelle fig. 32 e 33, che la lunghezza dell'onda è rimasta la medesima, e che c'è solamente una differenza nella ampiezza dell'onda.

corda di violino tesa
che viene pizzicata

Se un uomo dista 333 metri da un cannone, egli ode lo sparo esattamente un secondo dopo la partenza del colpo (fig. 34).

Poichè la luce si propaga con l'enorme velocità di 300 000 km al secondo, quest'uomo vede il lampeggiare del cannone praticamente nel medesimo istante in cui esso avviene, mentre invece ode lo sparo solo dopo, un secondo più tardi (fig. 34).

L'aria è il veicolo delle onde sonore le quali sono pertanto onde dell'aria. Secondo il numero delle vibrazioni meccaniche generate in un secondo, le vibrazioni dell'aria sono rapide o lente.

suono forte

La nota più bassa che si può suonare col contrabbasso (fig. 35) fa circa 40 vibrazioni al secondo. Nel tempo di un secondo si formano quindi 40 semionde positive e 40 semionde negative.

Anche nel pianoforte esiste una nota composta da 40 vibrazioni al secondo; essa corrisponde ad uno dei tasti più bassi.

La nota più bassa di tutte utilizzata nella musica conta circa 16 vibrazioni al secondo. È il cosiddetto « do_2 », che si trova nell'organo. Il suono più acuto usato nella musica ha un numero di 4645 vibrazioni al secondo; è il cosiddetto « re_7 », che si può suonare col flauto (fig. 36). Tale nota è anche fra le più alte che si trovano nel pianoforte. La nota che si suona per accordare fra loro i vari strumenti di un'orchestra, e che corrisponde alla seconda corda del violino, è il « la_3 » e fa 435 vibrazioni al secondo (« corista » o « diapason normale »).

suono debole

L'orecchio umano percepisce però anche suoni ancora più acuti, dei quali parleremo in seguito; per ora basta accennare che i suoni più acuti percepiti dall'orecchio umano corrispondono a circa 16 000 vibrazioni al secondo. Il suono più basso che possiamo percepire, compie invece circa 16 vibrazioni al secondo. Naturalmente le vibrazioni **p o s s i b i l i** non sono limitate a quelle **p e r c e p i b i l i**. Si possono avere vibrazioni assai più rapide di 16 000 al secondo, e parimenti vibrazioni più lente di 16 al secondo. L'o-

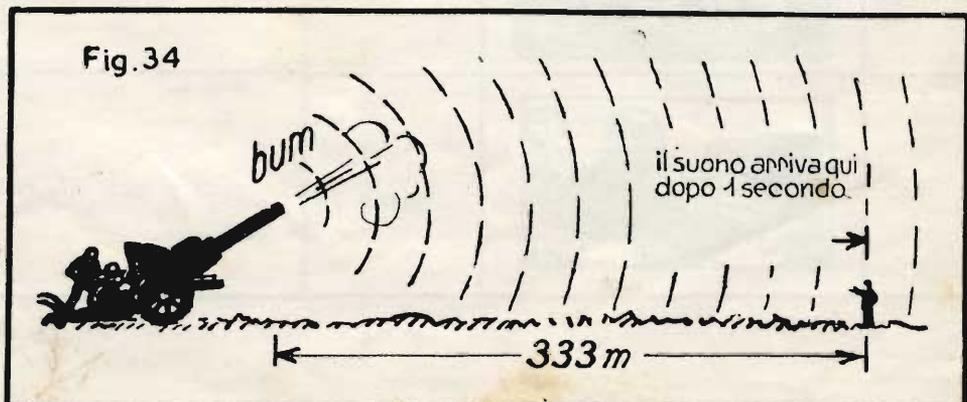
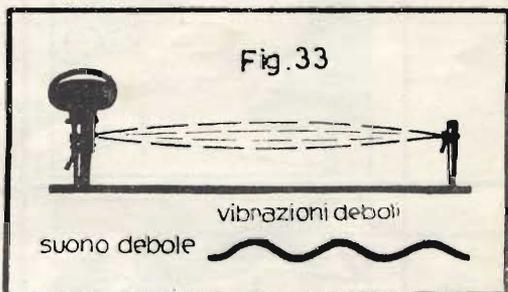
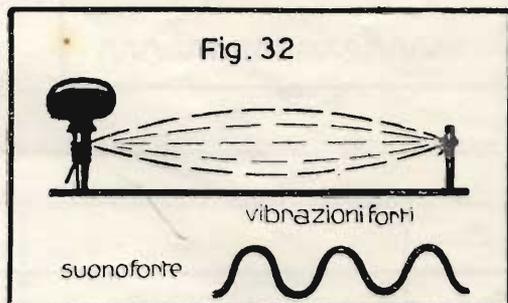
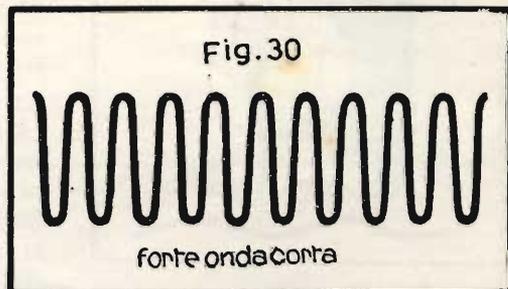
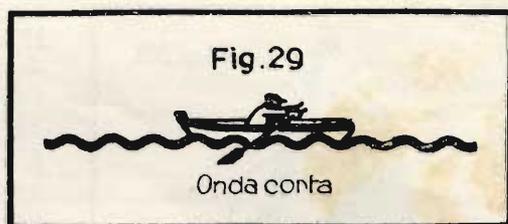



Fig.35

recchio umano non è però in grado di percepirle.
Il numero delle vibrazioni effettuate dalle onde radio, che non sono onde dell'aria, bensì dell'etere, è assai elevato in confronto alle vibrazioni delle onde sonore udibili. Le comuni onde della radio effettuano da 150 000 a 1 500 000 vibrazioni al secondo.

Il campo delle onde sonore, cioè delle onde con basso numero di vibrazioni, si chiama "bassa frequenza" o "frequenza acustica" o "audiofrequenza".

Il campo delle onde rapide e molto rapide, che compiono un alto numero di vibrazioni al secondo, si chiama "alta frequenza" o "radiofrequenza".

Vi sarà noto il significato del termine « frequenza » che comunemente indica il successivo ripetersi di una stessa azione ad intervalli più o meno ampi. Trattandosi di onde si parla della « frequenza delle vibrazioni » cioè del numero di vibrazioni che si ripetono in un minuto secondo. In pratica però si parla semplicemente di « frequenza d'onda ». Così, se ci sono poche vibrazioni, si parla di « b a s s a f r e q u e n z a ». Se ci sono molte vibrazioni, si parla di « a l t a f r e q u e n z a ».

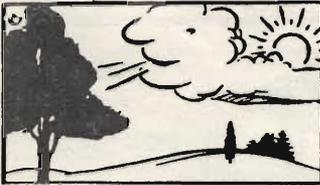
Fig.36

L'unità di misura della frequenza è l'« hertz » che abbreviato si scrive « *Hz* ». Un hertz (1 Hz) significa quindi una vibrazione al secondo.

(Invece di « hertz » si dice sovente anche « periodi al secondo » o, specie in America, « cicli »). Così, per esempio, invece di dire: « 768 vibrazioni al secondo » basta dire: « 768 hertz » o scrivere: « 768 Hz ».

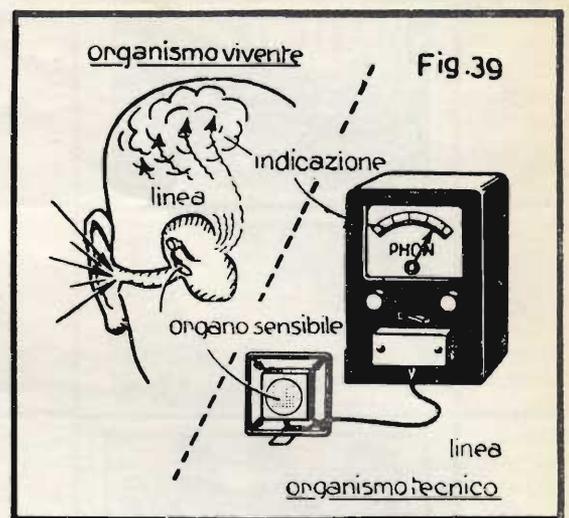
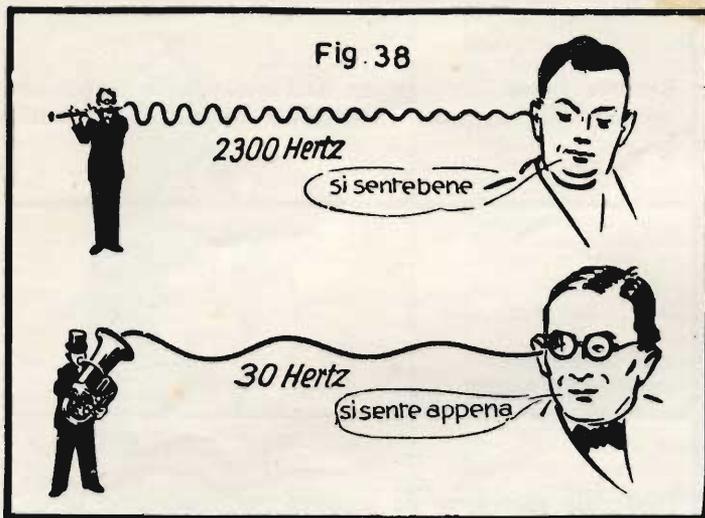
L'intensità di un suono dipende dall'ampiezza delle relative onde sonore. Queste possono essere così forti da perforare i timpani. L'unità di misura per l'intensità sonora è il « p h o n » (leggi fon). Nella fig. 37 sono indicate in phon varie intensità sonore. Il valore di zero phon corrisponde all'assenza di qualsiasi percezione uditiva. Il valore di 130 phon, che si raggiunge nello sparo di un pezzo pesante d'artiglieria, costituisce la cosiddetta soglia del dolore; a partire da questa intensità sonora, si ha nell'orecchio una sensazione dolorosa.

Fig. 37

Phon		Segno musicale	Qualità del suono
0	Silenzio perfetto	—	Soglia uditiva
20		ppp pianissimo	Fruscìo di foglie per brezza leggera
30		pp molto piano	Rumori stradali in una zona quieta
40		p piano	Leggera musica alla radio

50		mf mezzo forte	Rumore in un teatro prima dell'inizio della rappresentazione (oppure rumore stradale di media intensità)
60		f forte	Discorso a voce alta
70		ff molto forte	Parecchie macchine da scrivere nel medesimo locale, o rumore stradale in zona di gran traffico
80		fff fortissimo	Chiasso nella galleria di una stazione
100		—	Fragore massimo di una motocicletta
120		—	Motore d'aeroplano a 4 metri di distanza
130		—	Rombo di un cannone pesante (soglia del dolore: suono doloroso).

La parola « phon » è greca e significa « suono ». Dalla medesima radice deriva per es. la parola « fonètica », che significa « scienza della formazione dei suoni ».

La massima sensibilità dell'orecchio per suoni di debole intensità si trova sulla frequenza dei 2 300 hertz. In questo campo abbiamo per esempio le note dei pifferi e dei flauti. Invece i suoni più acuti o più bassi vengono percepiti meno bene dall'orecchio. Se per esempio si suona con la medesima intensità un suono di 2 300 hertz sul flauto e un suono di 30 hertz sul basso, a una certa distanza non è già quasi più possibile udire quest'ultimo, mentre il suono più acuto si percepisce perfettamente (fig. 38). Se invece dell'orecchio umano si collocasse alla medesima distanza un orecchio tecnico, per esempio un microfono collegato con uno strumento di misura, esso indicherebbe in entrambi i casi la medesima intensità sonora (fig. 39).

Molteplici sono le manifestazioni del suono, che vanno per esempio dai fruscii, ronzii, crepitii, alle melodie e all'armonia della musica. Tutti questi vari aspetti sotto cui si presenta il suono si possono raggruppare in tre categorie principali: suoni semplici, suoni composti e rumori; a questi si possono aggiungere le detonazioni.

Vogliamo esprimere in modo elementare la differenza che passa tra queste varie categorie di suoni:

I suoni puri o toni fondamentali sono vibrazioni sonore costituite da onde uniformi, come quelle che abbiamo ripetutamente riportate nelle nostre figure (fig. 40).

I suoni composti sono costituiti da più suoni semplici, sono quindi una sovrapposizione di varie vibrazioni. Un'onda sonora corrispondente ad un suono composto ha un aspetto più complicato, per esempio come quella segnata nella fig. 41.

I rumori sono vibrazioni irregolari dell'aria. L'onda di un rumore è una mescolanza disordinata di onde alte e basse, lunghe e corte (fig. 42).

Una detonazione infine altro non è che un improvviso e forte scuotimento dell'aria, che non si ripete periodicamente. La curva di una detonazione presenta l'aspetto visibile nella fig. 43.

Nell'acustica e nell'elettroacustica ci occupiamo principalmente dei suoni puri e dei suoni composti. A questo proposito dobbiamo osservare che praticamente non si hanno quasi mai suoni puri.

Ciò vi sarà facilmente comprensibile, se pensate che la medesima nota musicale *la* si può suonare in vari modi.

Supponete che la nota *la* venga cantata, suonata col violino e con la tromba. Musicalmente, si tratta sempre della stessa nota *la*, eppure possiamo benissimo distinguere tra loro il *la* cantato, dal *la* del violino, dal *la* della tromba (fig. 44).

Il carattere che distingue la medesima nota emessa da vari strumenti si chiama « timbro ». La varietà dei timbri è determinata dal fatto che ogni nota è costituita da un cosiddetto « tono fondamentale » al quale sono sovrapposte delle note più acute dette « armoniche superiori ». Secondo la qualità ed il numero delle armoniche varia il timbro di una nota musicale.

È perfino possibile modificare il timbro delle note emesse da uno stesso strumento. Per esempio col violino (fig. 45): se pizzichiamo la corda del « la » a metà della sua lunghezza, otteniamo un timbro diverso che se la pizzichiamo in un'altra posizione. Nella fig. 45 è stato supposto che la corda del « la » sia stata pizzicata dapprima nel mezzo (b), poi nel primo terzo della sua lunghezza (c), quindi nel primo quarto (d) e infine accanto al ponticello (e).

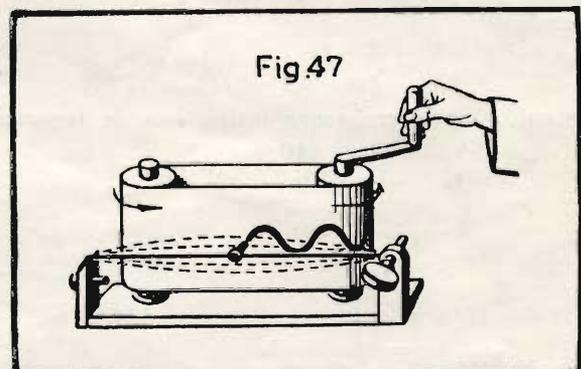
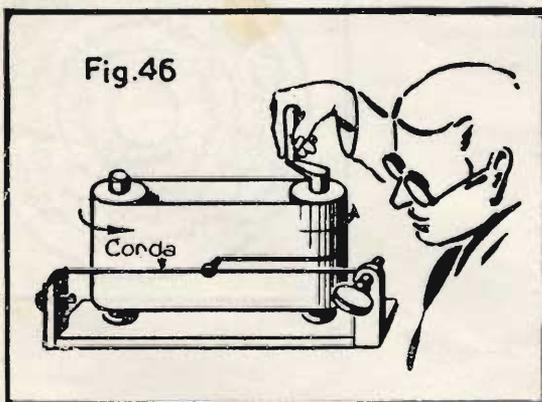
Nella figura sono indicate per ogni caso le corrispondenti onde.

Vedete che le onde, pur corrispondendo sempre alla nota « la », hanno di volta in volta aspetto differente. Durante questo esperimento è stato fatto in modo che l'intensità del suono fosse ogni volta la stessa, dimodochè l'ampiezza delle onde non varia. Varia invece la forma dell'onda, che diviene sempre più complicata, più la corda viene pizzicata verso l'estremità. Più è complicata la forma dell'onda, e più « chiaro », più « pieno » diviene il timbro della nota.

Le onde sonore si possono registrare graficamente, cioè per mezzo del disegno. È anche possibile registrare le vibrazioni di una corda di violino. Una curva così disegnata riproduce esattamente la forma dell'onda sonora. Queste registrazioni del suono si possono ottenere fissando una punta scrivente ad una corda vibrante e facendo scorrere un nastro di carta affumicata a contatto della punta.

Vediamo di costruire un dispositivo un po' migliore per la registrazione del suono! Nella fig. 46 vedete un dispositivo nel quale una mina da disegno è fissata alla corda vibrante. La punta della mina tocca un nastro di carta che viene spostato su rulli girando una manovella.

Se ora la corda viene fatta vibrare, per esempio, pizzicandola, la punta compie dei movimenti verticali che rimangono segnati sulla carta sotto forma di un tratto rettilineo. Se però si sposta nel medesimo tempo la carta da sinistra a destra (girando la manovella), la punta disegna una forma d'onda, che corrisponde alle vibrazioni del suono prodotto (fig. 47).

I primi apparecchi per la registrazione fonografica erano costruiti in un modo simile. Immaginatevi una membrana rotonda, che viene fatta vibrare dall'azione delle onde sonore che la colpiscono. Il ritmo delle vibrazioni della membrana corrisponde al ritmo delle onde sonore (fig. 48).

Nel centro della membrana, dove le vibrazioni sono maggiori, si fissa una piccola leva, imperniata presso l'orlo inferiore della membrana (fig. 49). Quando le onde sonore colpiscono la membrana e la fanno vibrare, le vibrazioni si trasmettono alla piccola leva. Se quindi la punta inferiore della leva è costituita da una matita, facendo scorrere un nastro di carta sotto di essa, vi rimangono disegnate, anche in questo caso, le vibrazioni sonore (fig. 50).

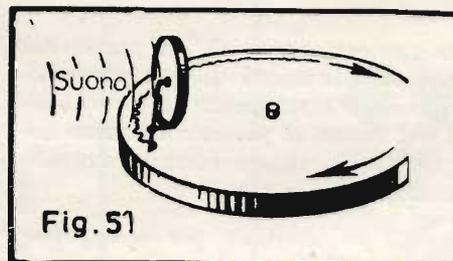
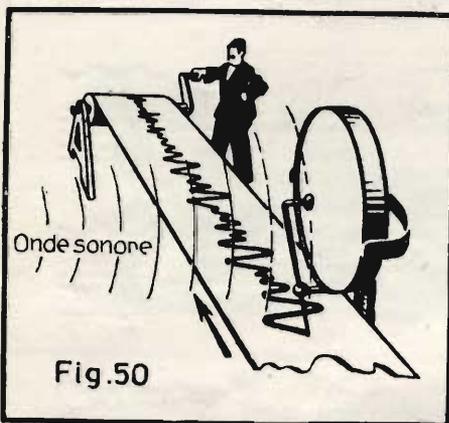
Nella registrazione fonografica la punta incide le vibrazioni in un disco di cera rotante. Per mezzo di un dispo-

sitivo adatto, la membrana con la punta scrivente viene guidata in modo da tracciare una spirale sul disco (figura 51). Le registrazioni del suono si presentano quindi sotto forma di un solco a spirale segnato nella cera del disco. La fig. 52 rappresenta un disco inciso, nel quale, per maggior chiarezza, le vibrazioni sono disegnate in grandezza assai esagerata. In realtà le singole spire dell'incisione si trovano vicinissime le une alle altre.

Fig. 48

Fig. 49

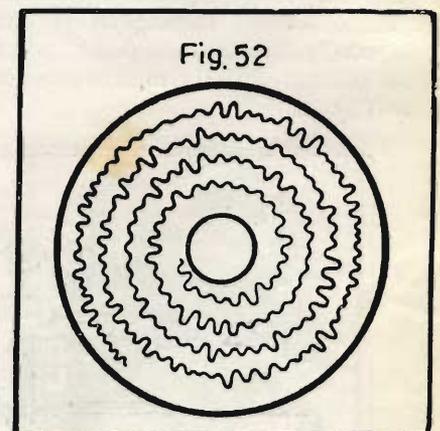
Fig. 50

Fig. 51

Domande

1. Una persona situata a 666 metri di distanza da un cannone ode il rombo dello sparo solo un certo tempo dopo aver osservata la vampata dell'esplosione. Quanto tempo impiega il suono per raggiungere l'osservatore?
2. Qual'è l'unità di misura con cui si designa il numero delle vibrazioni al secondo di un'onda?
3. Da che cosa dipende l'intensità di un suono?
4. Qual'è l'unità di misura per l'intensità dei suoni?

Risposta alle domande di pag. 10

1. Un consumatore qualsiasi viene rappresentato negli schemi col simbolo di una resistenza.
2. La resistenza di un amperometro paragonata a quella di un voltmetro deve sempre essere la minore. Essa non solo deve essere minore della resistenza di un voltmetro, ma, in ogni caso, deve essere la più piccola che sia possibile usare.
3. È l'amperometro che viene collegato in serie nel circuito. Il voltmetro va collegato in parallelo al ramo da misurare.
4. Usiamo per il calcolo della tensione la legge di Ohm nella formula:
$$V = R \cdot I$$
$$V = 220 \cdot 0{,}5 = \mathit{110\ volt}.$$
5. Per calcolare la resistenza utilizziamo la formula:
$$R = \frac{V}{I}; \quad R = \frac{440}{2} = \mathit{220\ ohm}.$$

Fig. 52

MATEMATICA

3. Le equazioni (Continuazione dalla Dispensa N. 2, pag. 6).

Nelle Dispense N. 1 e N. 2 vi abbiamo spiegato il significato delle equazioni ed il sistema da adottare per la soluzione di alcune di esse. Prima di continuare questo capitolo è però utile che apprendiate l'esatta denominazione di ogni singola parte di una equazione e per questo vogliate osservare attentamente le annotazioni fatte alla seguente equazione.

Nelle equazioni sinora trattate abbiamo considerato soltanto le moltiplicazioni e le divisioni; occorre quindi dimostrare come si risolvono le equazioni composte di addizioni o sottrazioni. Consideriamo perciò la seguente equazione:

$$2 + 7 = 9$$

Sommiamo ad ognuno dei due membri dell'equazione il numero « 4 » e l'equazione diventa:

$$2 + 7 + 4 = 9 + 4$$

cioè

$$13 = 13$$

I due membri dell'equazione hanno quindi conservato l'eguaglianza. Invece del numero 4 avremmo potuto sommare qualsiasi altro numero e i due membri sarebbero sempre rimasti uguali fra di loro. E se si sottrae da ogni membro, per esempio, il numero « 3 », anche in questo caso i due membri conservano la loro uguaglianza come si dimostra:

$$2 + 7 = 9$$
$$2 + 7 - 3 = 9 - 3$$
$$6 = 6$$

Possiamo formulare quindi le seguenti regole:

Regola 3-a *Sommando ad ognuno dei due membri di una equazione un medesimo valore, si conserva l'uguaglianza fra i due membri.*

Regola 3-b *Sottraendo da ognuno dei due membri di una equazione un medesimo valore, si conserva l'uguaglianza fra i due membri.*

Queste due regole corrispondono esattamente alle due regole 1-a e 1-b a pag. 18 della Dispensa N. 1 valevoli per le moltiplicazioni e le divisioni. Possiamo esprimere tutte le 4 regole con la regola *principale* seguente:

Regola 4 *Due membri di un'equazione si possono assoggettare alle medesime operazioni aritmetiche, conservando intatta l'equazione stessa.*

Applichiamo le regole 3-a e 3-b risolvendo la seguente equazione:

$$x + 6 = 9$$

Dobbiamo operare in modo che l'incognita x si trovi da sola nel membro sinistro dell'equazione. Occorre quindi trasportare il numero 6 nel membro destro. Ciò si ottiene sottraendo da ambedue i lati il numero 6:

$$x + 6 = 9$$

Nel membro sinistro l'operazione $+ 6 - 6$ dà zero. Quindi rimane solo l'incognita x, e l'equazione risulta trasformata in:

$$x = 9 - 6$$

cioè

$$\underline{x = 3}$$

Possiamo trascrivere questa soluzione dell'equazione nel modo seguente:

$$\begin{array}{rcl} x + 6 & = & 9 \\ - 6 & & - 6 \\ \hline x & = & 9 - 6 \\ x & = & 3 \end{array}$$

Esempi:

1) $$\begin{array}{rcl} x + 3 & = & 12 \\ - 3 & & - 3 \\ \hline x & = & 12 - 3 \\ x & = & 9 \end{array}$$

2) $$\begin{array}{rcl} 5 + x & = & 16 \\ - 5 & & - 5 \\ \hline x & = & 16 - 5 \\ x & = & 11 \end{array}$$

3) $$\begin{array}{rcl} x + 9 & = & 15 \\ - 9 & & - 9 \\ \hline x & = & 15 - 9 \\ x & = & 6 \end{array}$$

4) $$\begin{array}{rcl} 12 + x & = & 14 \\ - 12 & & - 12 \\ \hline x & = & 14 - 12 \\ x & = & 2 \end{array}$$

5) $$\begin{array}{rcl} x + 15 & = & 28 \\ - 15 & & - 15 \\ \hline x & = & 28 - 15 \\ x & = & 13 \end{array}$$

6) $$\begin{array}{rcl} 26 + x & = & 41 \\ - 26 & & - 26 \\ \hline x & = & 41 - 26 \\ x & = & 15 \end{array}$$

Risposte alle domande di pag. 18

1. Poichè il suono si propaga con la velocità di 333 metri al secondo, esso impiega 2 secondi a percorrere la distanza che separa il punto di perturbazione dall'osservatore.
2. L'unità di misura per il numero di vibrazioni al secondo si chiama « hertz ».
3. L'intensità di un suono dipende dall'ampiezza della relativa onda sonora.
4. L'unità di misura per l'intensità sonora è il « phon ».

TELEFONIA

Come già sapete, è possibile trasmettere segnali e messaggi attraverso linee elettriche, per esempio per mezzo di campanelli oppure di apparecchi Morse. Ora conoscerete un altro sistema di telecomunicazione: il telefono.

Il telefono consente di trasmettere attraverso al filo da un luogo all'altro la parola, il canto, la musica. La parte più importante del telefono è il m i c r o f o n o , che è già stato citato brevemente nel capitolo sulla « Radiotecnica » della prima Dispensa. Dovete ora familiarizzarvi con i particolari del microfono.

Il microfono

La moderna tecnica delle telecomunicazioni non può quasi mai fare a meno del microfono. Dai primi microfoni fino alla realizzazione degli odierni perfetti dispositivi di ripresa del suono vi è stato un lungo cammino da superare. Lo sviluppo è stato difficile e non si è svolto nemmeno molto rapidamente.

Se chiedete a un competente, quale sia la funzione del microfono, egli vi risponderà che esso deve trasformare le vibrazioni sonore in corrispondenti correnti elettriche non più percepibili con l'udito.

La risposta è molto semplice, ma il compito della trasformazione del suono in correnti elettriche era tutt'altro che facile, anche per le menti più chiare di un tempo.

Proviamo un po' a trovarne noi la via. Immaginiamo un filo conduttore, attraverso il quale scorra una invisibile corrente elettrica. La corrente scorre lungo il filo nello stesso modo come una corrente d'acqua scorre in una tubazione; supposto che la pressione dell'acqua rimanga uguale, la portata della corrente d'acqua rimane sempre costante. Se però la pressione cessasse, la corrente d'acqua si fermerebbe. Inserendo un rubinetto di interruzione nella tubazione, noi ci mettiamo in grado di togliere la pressione, chiudendo il rubinetto.

Immaginatevi per esempio questa possibilità. In una casa è installata una tubazione d'acqua, che attraversa due camere. Nella camera dove sta il signor « A » c'è un rubinetto di interruzione; la tubazione termina nella camera del signor « B ». Ora questi due signori hanno trovato un sistema per trasmettersi dei segnali. Il signor « B » osserva l'acqua che esce dalla tubazione e capisce i segnali che gli vengono così trasmessi. Abbiamo in altre parole una specie di telegrafia Morse ad acqua.

La comune telegrafia Morse rappresenta infatti una soluzione simile, poichè non interessa tanto il modo in cui si manifestano i segnali all'estremità della linea, quanto il fatto che sia possibile la trasmissione di segnali comprensibili. In entrambi i casi si possono trasmettere soltanto segnali assai semplici, e cioè punti (correnti di breve durata) e linee (correnti di più lunga durata).

Questa trasmissione di segnali « grossolani » avviene nella « telegrafia ad acqua » aprendo e chiudendo il rubinetto, ossia per mezzo di interruzioni della corrente. Volendo invece trasmettere delle onde sonore, non bisogna interrompere la corrente, ma solo variarne l'intensità. Se vogliamo quindi far sì che le variazioni della pressione dell'acqua corrispondano esattamente alle onde sonore, dobbiamo scegliere un dispositivo differente.

Questo potrebbe essere costituito da una membrana elastica montata nella parte della tubazione, là dove c'era prima il rubinetto (nella camera del signor « A »). Premendo leggermente col dito sulla membrana, il passaggio della corrente d'acqua viene un poco impedito, e il signor « B » osserva che la quantità dell'acqua uscente dalla tubazione si riduce un po'. Così, se si preme più forte sulla membrana, l'acqua diminuisce rapidamente; anche l'uscita dell'acqua in « B » avverrà a colpi rapidi più o meno forti.

Anche questo sistema per la trasmissione di segnali sarebbe però sempre molto grossolano. Possiamo perfezionarlo, se, invece di esercitare la pressione sulla membrana col dito, la provochiamo con delle onde sonore, per esempio se p a r l i a m o contro questa membrana. Come sapete, parlando, noi emettiamo delle onde sonore che variano secondo l'altezza e l'intensità del suono, così come è stato spiegato nel capitolo precedente.

Le onde sonore, emesse dalle nostre corde vocali, colpiscono quindi la membrana montata nella tubazione e la fanno vibrare. La membrana seguirà ora le vibrazioni dell'aria altrettanto fedelmente, come prima seguiva la pressione esercitata col dito, solo che le vibrazioni sonore sono molto più rapide e più fini. Disponendo di apparecchi adatti, sarebbe possibile rilevare alla fine della tubazione, in « B », che l'uscita dell'acqua avviene con le medesime vibrazioni impresse nel punto « A ». Avremmo così una « telefonata ad acqua ».

Poichè però l'acqua è una sostanza che possiede un'inerzia assai superiore a quella dell'elettricità, la « telefonia ad acqua », da noi ora escogitata, incontrerebbe in pratica numerose difficoltà che non si riscontrano nel telefono elettrico. Soprattutto il nostro « microfono » (poichè la membrana inserita in « A » nella tubazione non è altro che un microfono) sarebbe probabilmente troppo rigido e troppo pesante, per riuscire a seguire veramente tutte le rapide e delicate vibrazioni, di cui è costituita la parola. Noi abbiamo immaginato e schizzato questo impianto di « telefonia ad acqua » solo come paragone, per farvi comprendere meglio ciò che avviene nella vera telefonia, quella elettrica.

Anche in un circuito elettrico noi possiamo inserire un « rubinetto », che qui però chiamiamo « interruttore ». Il « rubinetto » consente di far scorrere o fermare la corrente elettrica a piacimento. Sostituendo l'interruttore con un « tasto Morse », otteniamo la telegrafia Morse. E se vogliamo passare dalla trasmissione di segnali grossolani alla trasmissione perfezionata di segnali sonori, dobbiamo inserire nel circuito (invece dell'interruttore o del tasto Morse che servono soltanto a interrompere la corrente) un microfono che serva a modificare la corrente. Vedremo subito come ciò avvenga in pratica.

Il microfono di Hughes

Il primo microfono utilizzabile è dovuto a Hughes. Esso era costituito da una sbarretta di carbone con le estremità appoggiate entro due piccole sedi di carbone, e inserita nel circuito (fig. 53).

È noto che il carbone è un conduttore dell'elettricità, e quindi la corrente poteva attraversare la sbarretta e scorrere nel circuito. Il problema consisteva ora nel potere agire sulla corrente che scorreva uniformemente in modo da variare l'intensità in corrispondenza di quella delle vibrazioni sonore. Il semplice dispositivo di Hughes permetteva di ottenere questo scopo.

Quando si parla davanti alla sbarretta di carbone, essa per effetto delle onde sonore si mette a vibrare. O meglio, otteniamo un tremolìo della sbarretta che segue il ritmo delle onde sonore che la colpiscono. Ne consegue che la corrente elettrica, prima di intensità costante, subisce ora delle variazioni.

Essa compie delle « vibrazioni elettriche », che corrispondono alle vibrazioni meccaniche della sbarretta, e che si rilevano facilmente con l'aiuto del cosiddetto « telefono », inserito nel circuito. Il telefono ha il compito inverso di quello del microfono. Esso deve trasformare le variazioni della corrente elettrica, che non sono percepibili con l'udito, in vibrazioni sonore udibili.

Apprenderete più tardi come ciò avvenga. Per ora vi basti rilevare che il telefono è l'organo adatto per trasformare le variazioni della corrente elettrica in onde sonore, e rendere quindi udibili le vibrazioni elettriche.

Sezione di un vecchio microfono a granelli di carbone (anno 1880)

Il microfono a granuli di carbone

Il primo microfono di Hughes si rivelò presto insufficiente. Era troppo rudimentale nella costruzione e nel funzionamento. Esso trasmetteva benissimo il ticchettio di un orologio, ma non era abbastanza sensibile per poter trasmettere in modo perfetto la voce umana. Soltanto il cosiddetto « microfono a granuli di carbone » fu all'altezza di trasmettere bene e in modo comprensibile il linguaggio parlato (fig. 54).

Il microfono a granuli di carbone è costituito da un piccolo recipiente contenente granellini di carbone. La corrente viene addotta da un lato alla piastra base di metallo, ed alla sottile membrana metallica dall'altro. La custodia, costituita di materiale isolante, presenta una imboccatura conica destinata a raccogliere le onde sonore e a convogliarle nel centro della membrana microfonica. In conseguenza di ciò, la membrana entra in vibrazione, e trasmette questo suo movimento alla polvere di carbone contenuta tra di essa e la piastra di metallo. I granuli di carbone rimangono quindi compressi più o meno fortemente, secondo l'intensità del suono. Quando i granuli di carbone sono molto compressi, essi conducono meglio la corrente elettrica; quando sono poco compressi, conducono meno bene. In altre parole, comprimendo più o meno fortemente i granuli, varia la resistenza del microfono e quindi l'intensità della corrente elettrica nel circuito.

Sezione di un moderno microfono telefonico

Fig. 56

Fig. 57

Altri tipi di microfoni

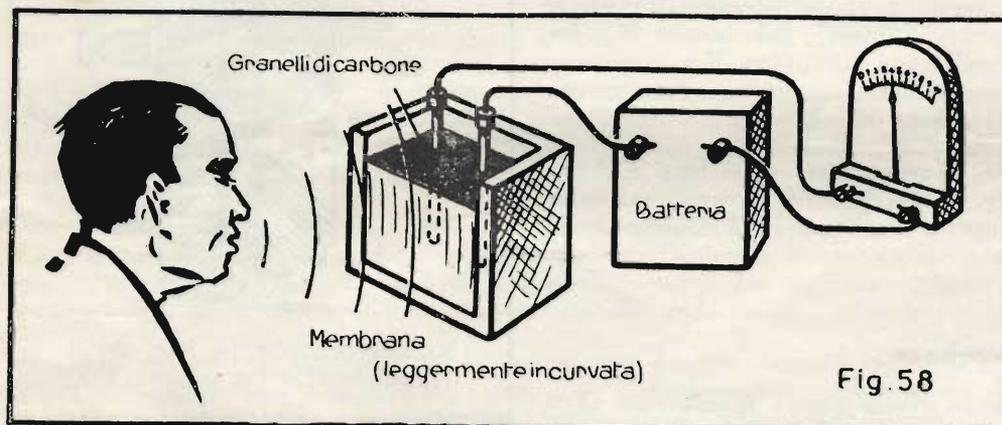
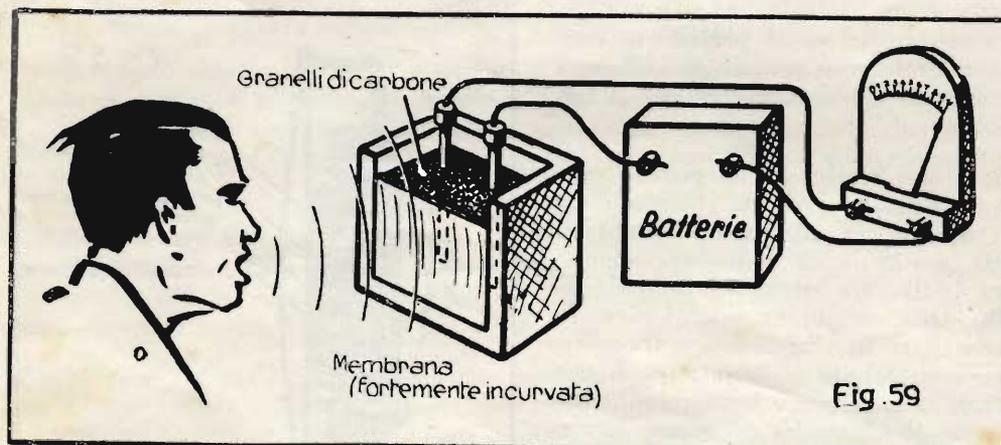
I microfoni usati negli apparecchi telefonici sono costituiti in modo simile al microfono a granuli di carbone ora descritto. La fig. 55 mostra in sezione una cosiddetta « capsula microfonica ».

Anche nella radiotecnica si utilizzarono dapprima dei microfoni a granuli di carbone, che vennero sostituiti però più tardi da altri tipi migliori, basati su principi differenti. Un microfono a granuli di carbone usato nella radio era costituito all'incirca come si vede nella fig. 56. Il microfono vero e proprio è contenuto in un blocchetto di marmo appeso entro un anello metallico. Il blocchetto di marmo è ripieno di una fine polvere di carbone, nella quale pescano due « elettrodi metallici ». Sul davanti, il blocchetto presenta una apertura chiusa da una membrana di mica (fig. 57).

Fig. 58

Colleghiamo ora nel circuito, in luogo del « telefono » (come avevamo fatto nella fig. 53) un misuratore di corrente (figura 57). Finchè non si parla contro il microfono, l'amperometro segnerà una piccola corrente, perchè il passaggio di questa attraverso ai granuli di carbone non è facile. Essi oppongono infatti una resistenza relativamente elevata.

Fig. 59

Se ora si parla in prossimità del microfono, ossia si fa cadere su di esso un'onda sonora, la membrana si deforma un poco. Una piccola pressione sonora deformerà la membrana lievemente, una pressione maggiore la deformerà fortemente. La minore o maggiore deformazione della membrana provocherà una minore o maggiore compressione dei granuli di carbone.

Se questi saranno poco compressi, lo strumento di misura allacciato segnerà solo un lieve aumento della corrente (fig. 58); se invece la polvere di carbone sarà molto compressa, la corrente potrà passare meglio e quindi l'indicazione dell'amperometro sarà maggiore (fig. 59).

L'aumento della corrente quando si comprimono i granuli di carbone è dovuto quindi alla diminuzione della resistenza.

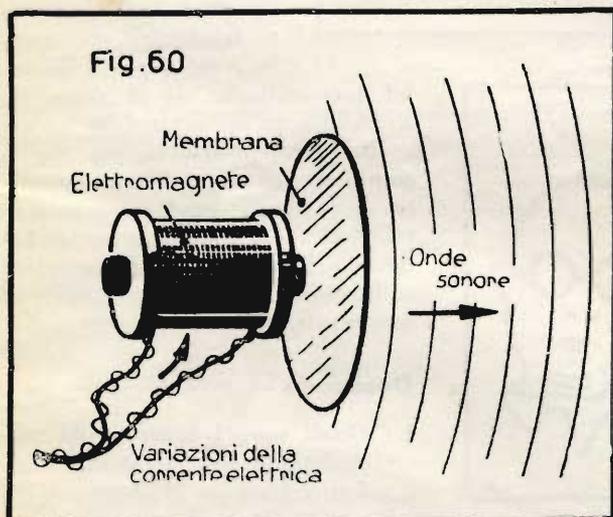
Per comprendere meglio questo fenomeno facciamo un paragone. Paragoniamo la corrente a un uomo che cammina nella sabbia. Egli avanza faticosamente. Non appena però può poggiare il piede su di un terreno compatto, egli riesce a marciare con molta maggior facilità. Nel primo caso la resistenza era elevata, nel secondo caso era bassa.

Ora le vibrazioni della membrana colpita dal suono, sono naturalmente assai rapide. E quindi altrettanto rapidamente varia la compressione dei granuli di carbone e quindi l'intensità della corrente circolante, la quale è ora più, ora meno forte, esattamente nel ritmo delle vibrazioni sonore.

La polvere di carbone è contenuta in una pesante custodia di marmo, per impedire che delle vibrazioni non desiderate (di altra origine che non quelle sonore) possano agire sul microfono. Questo è protetto inoltre dagli urti, essendo sospeso elasticamente mediante tiranti di gomma o molle a spirale.

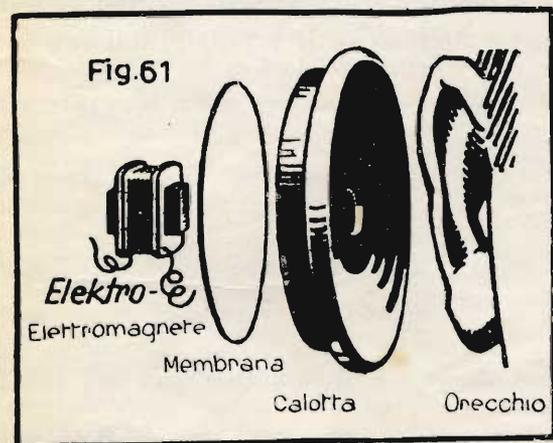
Più avanti conoscerete anche altri tipi di microfoni, per esempio i cosiddetti m i c r o f o n i a c o n d e n s a t o r e , che sono molto più sensibili dei microfoni a granuli di carbone e vengono oggi usati assai spesso per le radio-trasmissioni.

Il ricevitore telefonico

Naturalmente non basta il microfono per costituire un impianto telefonico. Questo infatti deve trasformare la parola in variazioni della corrente elettrica, la quale, dopo aver superato una lunga distanza, deve, nella stazione ricevente, venire trasformata nuovamente in onde sonore, ossia in parole. Occorre quindi, oltre ad un dispositivo atto a trasformare il suono in variazioni di corrente, anche un organo capace di ricostituire da queste il suono primitivo.

Quest'organo è il « r i c e v i t o r e t e l e f o n i c o ». Il ricevitore telefonico consiste in sostanza di un e l e t t r o m a g n e t e , davanti al quale si trova una membrana metallica (fig. 60).

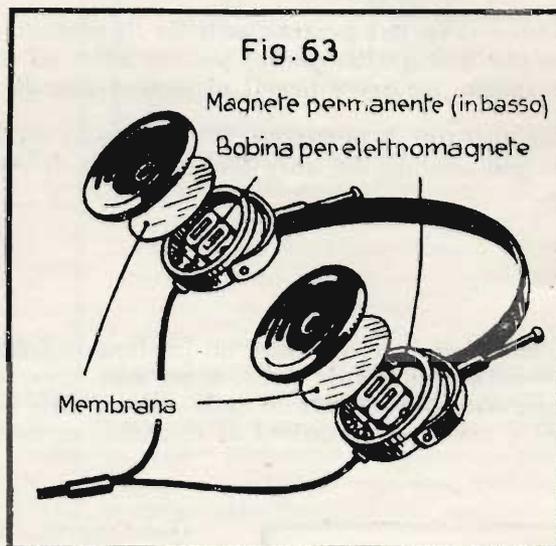
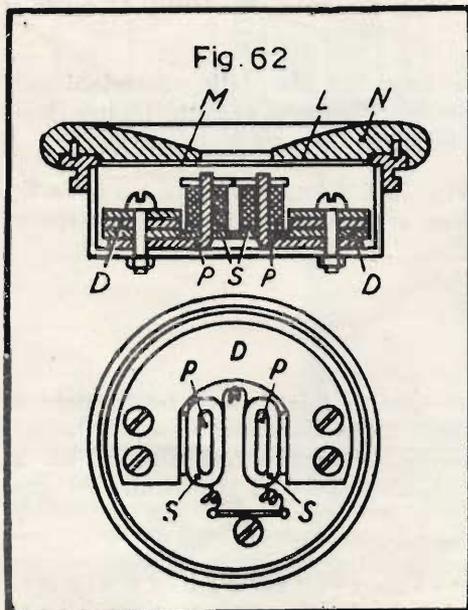
Quando l'elettromagnete è percorso dalla corrente, la membrana viene attratta, e tanto più fortemente quanto maggiore è l'intensità della corrente. Se l'intensità della corrente oscilla, anche la membrana vibra nel medesimo ritmo.

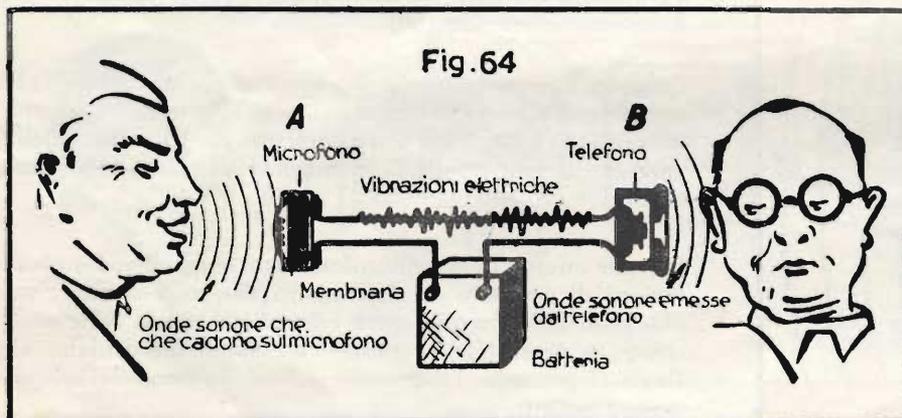
Se, per effetto di un microfono si ottengono delle oscillazioni di corrente corrispondenti alle onde sonore, anche la membrana telefonica vibrerà nel ritmo delle onde stesse, e trasmetterà queste vibrazioni meccaniche all'aria circostante. In questo modo si formano delle onde sonore udibili.

Il ricevitore telefonico è dunque costituito principalmente dall'elettromagnete, dalla membrana, dalla calotta auricolare e dalla custodia (fig. 61).

L'elettromagnete del ricevitore telefonico è fatto in modo da utilizzare entrambe le sue estremità, invece che una sola. Il suo nucleo è piegato perciò a forma di U, i due gambi del quale sono entrambi provvisti di avvolgimento, come era stato spiegato nella prima Dispensa. Inoltre, questo nucleo è un magnete permanente. Questo è un particolare che lo distingue dai comuni elettromagneti, nei quali, come sapete, il nucleo è sempre costituito da ferro dolce. In questi elettromagneti comuni il nucleo si magnetizza non appena passa una corrente nell'avvolgimento; quando non passa corrente, il nucleo non è magnetico. Usando invece come nucleo un magnete permanente, la magnetizzazione del nucleo viene semplicemente modificata da ogni corrente che passa

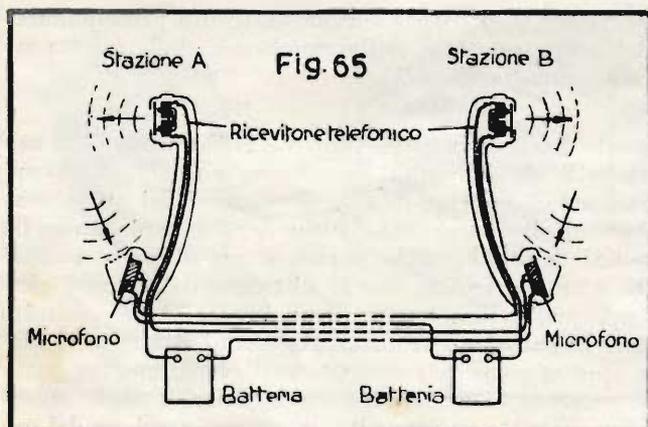
nell'avvolgimento. L'uso del magnete permanente, nel ricevitore telefonico, ha il vantaggio di un migliore adattamento delle vibrazioni meccaniche alle oscillazioni delle correnti che scorrono nelle bobine dell'elettromagnete.

Ci soffermeremo più avanti a trattare più dettagliatamente l'applicazione di questo magnete permanente.

Un moderno ricevitore telefonico (fig. 62) contiene un magnete permanente D, le cui espansioni polari P (si chiamano così le estremità del magnete) e solamente quelle sono costituite da ferro dolce e circondate dalle bobine S collegate assieme.

Davanti alle espansioni polari giace la membrana M, costituita essa pure da ferro dolce e protetta dalla calotta N che viene appoggiata all'orecchio. Tra la calotta e la membrana si trova una piccola camera d'aria L. I più usuali ricevitori dei nostri telefoni sono costituiti in questo modo, e anche le cuffie telefoniche, che conoscete dalla radio, sono assai simili (fig. 63).

Nella fig. 64 si vede un semplicissimo impianto telefonico, nel quale è però possibile telefonare soltanto da A verso B. Riunendo un microfono con un ricevitore telefonico in un unico complesso munito di impugnatura, si ottiene il moderno « microtelefono » che ben conoscete. La fig. 65 rappresenta un semplice collegamento di due stazioni comunicanti.

Domande

1. Quali sono i compiti del microfono e del ricevitore telefonico?

2. Come funzionava il telefono di Hughes?
3. Descrivete brevemente il principio di funzionamento del ricevitore telefonico.

MATEMATICA

3. Le equazioni (Continuazione da pag. 18).

Dagli ultimi esempi di pag. 19 potete rilevare che da ambedue i membri dell'equazione è stata sottratta la cifra sommata con l'incognita x mediante il segno « + ». Per accertarvi dell'esattezza dei risultati non avete da fare altro che introdurre il valore determinato per x nell'equazione data. Dimostriamo tale controllo per l'esempio N. 1:

Controllo:

Nell'equazione nota: $x + 3 = 12$ introduciamo il valore di x che è risultato essere 9: $9 + 3 = 12$, cioè $12 = 12$. Il risultato è quindi esatto.

Per risolvere un'equazione del tipo $x + 2 = 6$ abbiamo sinora proceduto nel modo seguente:

$$\begin{array}{rcl} x + 2 & = & 6 \\ -2 & & -2 \\ \hline x & = & 6 - 2 \\ x & = & 4 \end{array}$$

Questo procedimento minuzioso è stato da noi scelto unicamente per rendervi facilmente comprensibile nei suoi dettagli il metodo adottato per risolvere le equazioni; per assicurare il progresso occorre iniziare lentamente ma in modo sicuro. Ma ora possiamo abbreviare il procedimento del calcolo, e voi stessi vi accorgerete esaminando attentamente gli esempi svolti, che basta togliere dal membro destro dell'equazione l'addendo di x sottraendolo dal membro sinistro. Esprimiamo questo concetto nella seguente regola:

Regola 5-a *Il valore numerico sommato all'incognita* x nel membro sinistro dell'equazione va riportato nel *membro destro e sottratto.*

Ora siamo in grado di risolvere speditamente le seguenti equazioni da matematici esperti!

Esempi:

7) $x + 5 = 12$
$x = 12 - 5$
$x = 7$

8) $x + 8 = 9$
$x = 9 - 8$
$x = 1$

9) $x + 10 = 20$
$x = 20 - 10$
$x = 10$

E invertendo la regola 5-a otteniamo l'altra simile:

Regola 5-b *Il valore numerico sottratto dall'incognita x nel membro sinistro dell'equazione va riportato nel membro destro e sommato.*

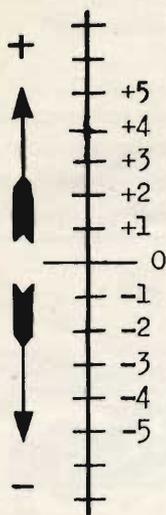
Esercitiamoci subito nell'applicazione di detta regola con gli esempi seguenti:

Esempi:

10) $x - 2 = 3$
$x = 3 + 2$
$x = 5$

11) $x - 18 = 2$
$x = 2 + 18$
$x = 20$

Infine possiamo esprimere le due regole suddette nella

Regola 6 *In una equazione, ogni termine può essere trasportato da un membro all'altro purchè lo si cambi di segno.*

Valori positivi e valori negativi.

Prima di proseguire nello svolgimento di altri esempi vogliamo soffermarci un attimo in merito all'addizione e sottrazione di cifre. Sottraendo da un numero un altro numero uguale al primo, rimane 0 (zero), p. e. $8 - 8 = 0$. Dovendo invece sottrarre dal numero 8 il numero 10, ci sarà forse qualcuno che negherà la possibilità di eseguire detta operazione perchè suppone erroneamente che il sistema numerico abbia termine con il valore zero. Ma non è così: 0 è il centro del sistema numerico; tutti i valori maggiori di 0 sono i valori positivi ed hanno il segno « + » e tutti i valori minori di 0 rappresentano i valori negativi ed hanno il segno « — ».

Il termometro rappresentato nella fig. 14 illustra chiaramente il concetto sopraesposto: i gradi con i quali si misura la temperatura sono positivi (+) se maggiori di 0 e negativi (—) se minori di 0.

È dunque possibile sottrarre dalla cifra 8 la cifra 10 scrivendo $8 - 10 = -2$. Se il termometro segnasse $+ 8^\circ$ e scendesse di 10° avremmo una temperatura di $- 2^\circ$.

Esempi:

$5 - 5 = 0$ $\qquad$ $-5 + 5 = 0$

$6 - 9 = -3$ $\qquad$ $70 - 80 = -10$

Se la temperatura fosse per esempio 5° sotto zero, cioè -5° e scendesse di altri 6° avremmo una temperatura di 11° sotto zero oppure -11°. Ora siete in grado di comprendere anche gli esempi seguenti:

$-5 - 6 = -11$ $\qquad$ $-20 - 80 = -100$

$-18 - 7 = -25$ $\qquad$ $-63 - 14 = -77$

È necessario che queste dettagliate spiegazioni vi siano ben chiare per comprendere facilmente i calcoli seguenti.

Esempi:

12) $x - 4 = 0$
$x = 0 + 4$
$x = 4$

14) $x + 10 = 8$
$x = 8 - 10$
$x = -2$

13) $x - 6 = -3$
$x = -3 + 6$
$x = 3$

15) $x + 7 = 7$
$x = 7 - 7$
$x = 0$

Ora siamo notevolmente progrediti nel nostro intento di spiegarvi la soluzione delle equazioni e desideriamo riepilogare il contenuto delle precedenti lezioni. Voi siete in grado di risolvere le equazioni nelle quali compare l'incognita:

X con un valore sommato

X con un valore sottratto

X moltiplicato per un valore

X diviso per un valore

Dopo che avete imparato correntemente le regole valide per la soluzione di simili equazioni, vi sarà pure facile risolvere le equazioni dove occorre eliminare, non un valore solo, ma più valori, per avere nella parte sinistra solo il termine con la x. Infatti, applicando ordinatamente le regole suddette, è sempre possibile trasformare una equazione in modo da ottenere nel membro di sinistra un solo termine con la x e nel membro di destra solo un termine con un valore numerico, come ad es.:

$$3x = 9$$

Vi preghiamo di seguire attentamente lo svolgimento dei seguenti esempi.

Compito: $3x + 2 = 11$.

Soluzione: In primo luogo trasportiamo il numero « 2 » col suo segno opposto dalla parte destra:

$$3x = 11 - 2$$

$$3x = 9$$

Ora eliminiamo anche il numero « 3 » trasportandolo nella parte destra, applicando la regola 2-a, cioè dividendo il membro destro dell'equazione per 3

$$x = \frac{9}{3}$$

$$\underline{x = 3}$$

Esempi:

16) $5x - 3 = 17$

$$5x = 17 + 3$$
$$5x = 20$$
$$x = \frac{20}{5}$$
$$\underline{x = 4}$$

17) $37 + 2x = 7$

$$2x = 7 - 37$$
$$2x = -30$$
$$x = -\frac{30}{2}$$
$$\underline{x = -15}$$

18) $7 + 12x = 31$

$$12x = 31 - 7$$
$$12x = 24$$
$$x = \frac{24}{12}$$
$$\underline{x = 2}$$

19) $3 + 4x = 5$

$$4x = 5 - 3$$
$$4x = 2$$
$$x = \frac{2}{4}$$
$$\underline{x = \frac{1}{2}}$$

Sino ad ora però noi abbiamo risolto solo equazioni che contengono un solo termine con la x come quella

$$3 + 4x = 15$$

ma potremo risolvere facilmente anche le equazioni che contengono più termini con la x adottando il principio fondamentale di trasformarle in modo da giungere alla più semplice espressione e cioè ad ottenere nel membro di sinistra un solo termine con la x e nel membro di destra un solo termine numerico.

Esempio: 20) $9 + 5x = 16 + 4x$

Per ottenere, come per le equazioni precedenti, che il membro sinistro contenga solo i valori di x ed il membro destro solo i valori noti, occorre trasportare il numero 9 nel membro destro col suo segno cambiato ed il valore 4x nel membro sinistro pure con il suo segno cambiato:

$$9 + 5x = 16 + 4x$$

$$5x - 4x = 16 - 9$$

$$x = 7$$

Risposte alle domande di pag. 24

1. Il compito del microfono consiste nel trasformare le vibrazioni sonore dell'aria in corrispondenti oscillazioni della corrente elettrica. Il ricevitore telefonico invece deve ritrasformare le oscillazioni della corrente elettrica in onde sonore.

2. Il microfono di Hughes era costituito da una sbarretta di carbone appoggiata liberamente in due sedi di carbone. Parlando in prossimità della sbarretta, essa vibrava nel ritmo del suono, lasciando passare più o meno corrente nella linea.

3. Un ricevitore telefonico è costituito in principio da un elettromagnete e da una membrana di ferro, che è fissata ad una determinata distanza dall'elettromagnete. Quando l'elettromagnete è percorso da una corrente più o meno forte, la membrana viene attratta più o meno fortemente. In tal modo essa segue le oscillazioni della corrente corrispondenti alle vibrazioni sonore.

COMPITI

1. Che cosa distingue i misuratori di corrente da quelli di tensione?

2. Come vengono collegati due amperometri, dei quali si debbano confrontare le indicazioni?

3. Come si fa a variare l'intensità di corrente nella taratura degli amperometri?

4. Un forno elettrico ha la resistenza di 44 ohm. Qual'è la corrente che lo attraversa, quando è allacciato alla tensione di 220 volt?

5. Durante un temporale passano 21 secondi dal momento in cui si vede il lampo a quello in cui si ode il tuono. A quale distanza si trova il temporale?

6. Da che cosa dipende il numero di vibrazioni al secondo di una corda musicale?

7. Che cosa significa la frase: « un suono ha la frequenza di 400 hertz »?

8. Da che cosa è determinata l'altezza di un suono?

9. Che cosa si intende per « bassa frequenza » e « alta frequenza »?

10. Quali sono le note più basse e quelle più acute che si possono normalmente percepire?

11. Che cosa distingue la chiarezza di un suono puro da quella di un suono composto o da un rumore?

12. Che cosa costituisce il timbro di un suono?

13. Come si possono registrare le onde sonore?

14. *a*) $25 + x + 18 = 45$; $x = ?$ *b*) $14 + x + 40 = 90$; $x = ?$ *c*) $87 + x + 5 + 12 = 106$; $x = ?$
d) $18 - x = 4$ $x = ?$ *e*) $12x = 36$; $x = ?$ *f*) $5 + 3x = 17 - 3x$; $x = ?$

15. In che modo le vibrazioni sonore vengono trasformate dal microfono a granuli di carbone in oscillazioni della corrente?

16. Disegnate un semplice impianto telefonico, nel quale si utilizzi soltanto un microfono, una batteria ed un ricevitore telefonico.

FORMULE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 3

DISPENSA N°. 4

CORSO DI TECNICA DELLE

TELECOMUNICAZIONI

IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA

ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 4

RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

Con lo studio delle tre Dispense da voi finora ricevute avete già appreso molte importanti cognizioni che riguardano la tecnica delle telecomunicazioni e l'elettrotecnica generale. Nella trattazione della « Tecnica delle misure » avete imparato a misurare la intensità di corrente con l'amperometro e la tensione con il voltmetro. Nello stesso tempo vi è stato spiegato come si effettua la taratura degli amperometri. Avete poi conosciuto i giusti simboli grafici per questi strumenti, simboli che vi dovete imprimere nella memoria.

Sapete che il voltmetro va collegato in parallelo a quella parte del circuito, di cui si vuole misurare la tensione, mentre invece l'amperometro va collegato in serie. Attraverso il voltmetro deve passare poca corrente, affinchè esso stesso non diventi un consumatore supplementare. Pertanto la resistenza interna di un voltmetro deve essere la più alta possibile. Nell'amperometro invece bisogna che la corrente passi subendo le minori perdite possibili e la sua resistenza interna deve quindi essere la più piccola possibile.

Ricordatevi quindi: amperometro: piccola resistenza interna; voltmetro: grande resistenza interna.
In un capitolo dell'« Elettrotecnica generale » avete appreso che fra l'intensità di corrente, la tensione e la resistenza sussiste una relazione descritta dalla legge di Ohm. Ecco la legge di Ohm:

$$\text{intensità di corrente} = \frac{\text{tensione}}{\text{resistenza}} \quad \text{ossia espressa come formula:} \quad I = \frac{V}{R}$$

Questa è la formula N. 2 e vi sarà utile ricordarla alla perfezione. Da essa, con semplice trasformazione, si ricavano le formule per la tensione e per la resistenza.

Siete stati poi introdotti nel campo dell'acustica e dell'elettroacustica. L'acustica è la scienza dei suoni. Il presupposto per la formazione delle onde sonore è la presenza dell'aria. Per generare delle onde sonore, basta quindi fare delle onde nell'aria. E queste onde dell'aria si provocano mediante la vibrazione di un corpo adatto, per esempio un campanello, una corda di violino, ecc.

Un importante capitolo dell'ultima Dispensa trattava della « Telefonia ». La parte principale del telefono è il microfono. Inoltre è indispensabile il ricevitore telefonico, le cui parti essenziali sono un elettromagnete ed una membrana posta davanti ad esso. La bobina dell'elettromagnete è percorsa da una corrente soggetta a oscillazioni irregolari provocate dal microfono, che si trova all'altra estremità della linea telefonica. Questa corrente magnetizza quindi più o meno intensamente il nucleo del ricevitore telefonico, attirando con più o meno forza la membrana fissata davanti ad esso. La membrana si mette quindi a vibrare generando delle onde d'aria cioè onde sonore che giungono al nostro orecchio. Usando nel ricevitore un magnete permanente, la riproduzione del suono diventa migliore.

Questo, in brevi tratti, era il contenuto della Dispensa precedente. Ve l'abbiamo già detto varie volte, ma vogliamo ugualmente insistere: ripetere seriamente tutta la materia precedente, prima di iniziare lo studio della nuova Dispensa.

IMPIANTI DI SEGNALAZIONE

Negli alberghi e negli ospedali è necessario che da ogni camera si possa chiamare il personale di servizio o di cura, per mezzo di appositi segnali. Poichè in queste case nulla deve turbare il silenzio, non si possono usare campanelli. Sono invece molto usati i segnali luminosi, che non fanno rumore e non arrecano quindi disturbo agli ospiti. Vogliamo ora occuparci appunto degli impianti di chiamata luminosa.

Impianti di chiamata luminosa

Il funzionamento degli impianti a chiamata luminosa è assai semplice.

Il cliente che in un albergo desideri avere a sua disposizione del personale, deve premere un pulsante. Si accendono allora delle lampadine di segnalazione in vari posti, per esempio nel locale di sosta del personale, negli incroci dei corridoi e sopra la porta della camera dalla quale proviene la chiamata. Le lampadine di segnalazione hanno vari colori; in un albergo per esempio la luce verde può servire per chiamare la cameriera, quella rossa per il cameriere, la gialla per il facchino.

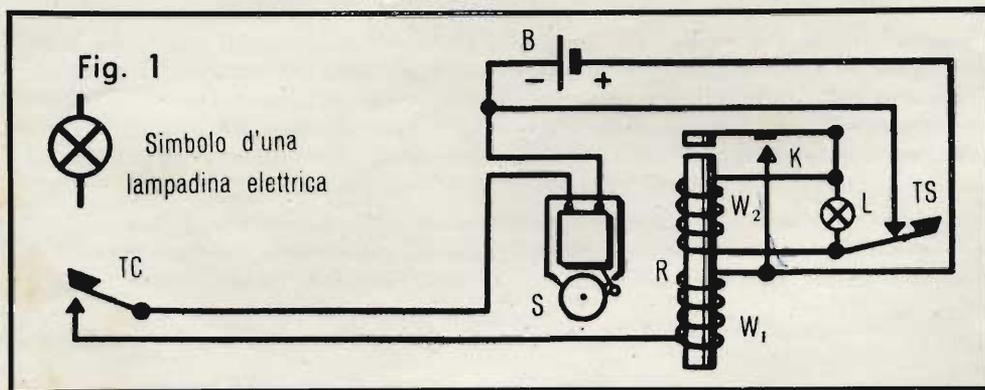
Nelle svolte e negli incroci dei corridoi vengono collocate delle cosiddette lampadine di gruppo o di orienta-

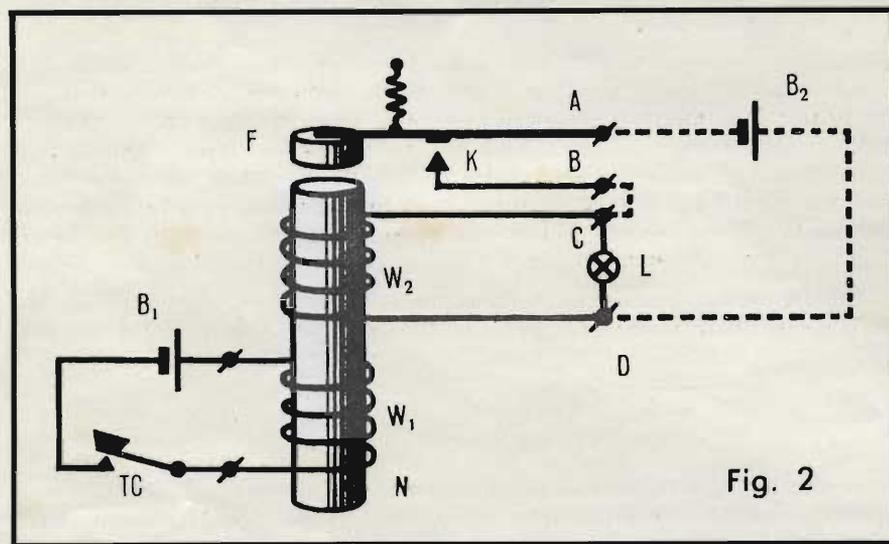
mento che sono visibili da qualunque punto dei corridoi. A seconda del colore della lampadina accesa si capisce quale genere di servizio è richiesto. Le lampadine rimangono accese finchè il personale di servizio, premendo un apposito tasto collocato accanto alla porta della camera da cui è provenuta la chiamata, non le spegne.

È possibile infine corredare l'impianto anche di un quadro di controllo, installato presso il direttore, che permette di vedere se il personale obbedisce alla chiamata, e in quanto tempo.

Nel locale di sosta del personale generalmente si colloca anche un campanello elettrico o meglio un « cicalino » che col suo sommesso ronzio richiama l'attenzione del personale sul segnale luminoso che sta accendendosi.

Consideriamo ora un impianto del genere, nel caso più semplice, quello cioè limitato ad una sola lampadina di chiamata. Esso deve avere i collegamenti effettuati in modo che la suoneria o il cicalino funzionino sempre ad ogni chiamata senza però disturbare o spegnere la lampadina già accesa per una chiamata precedente.

Lo schema relativo è rappresentato nella fig. 1 ed ora vedremo quale è il suo funzionamento. In una camera d'albergo, perchè chi vi risiede possa « chiamare », è posto il tasto di un contatto *TC*. Premendo questo tasto provochiamo il passaggio della corrente e facciamo contemporaneamente azionare la suoneria S ed il relé *R* il quale, attirando la sua ancoretta fa chiudere il contatto *K* provocando così a sua volta l'accensione della lampadina *L*.

Il relè *R* è provvisto di due distinti avvolgimenti W_1 e W_2; premendo il tasto *TC* la corrente in un primo tempo agisce solo sull'avvolgimento W_1 il quale magnetizza il nucleo che attrae la ancoretta chiudendo il contatto *K*. In questo momento la corrente può agire anche sull'avvolgimento W_2 che magnetizza pure il nucleo e contribuisce a tenere chiuso il contatto *K* anche quando, aprendo il tasto *TC*, l'avvolgimento W_1 cessa di agire.

Infatti, se osservate nello schema l'andamento dei fili di collegamento, rileverete che quando è chiuso il contatto *K*, la corrente non passa solo attraverso la lampadina *L*, ma anche attraverso l'avvolgimento W_2 del relé e per questo motivo il contatto *K* rimane chiuso anche quando il tasto *TC* è aperto.

Il funzionamento dell'impianto vi sarà certamente più facilmente comprensibile osservando la fig. 2 dove lo schema è rappresentato in modo semplificato per rendere più evidente il funzionamento del relé *R* a due avvolgimenti che viene impiegato nello schema precedente. Sul nucleo di ferro *N* del relé, si trovano due avvolgimenti fra di loro separati e quindi il nucleo stesso si magnetizza ed attrae l'ancoretta *F*, tanto se la corrente circola solo nell'avvolgimento W_1 quanto se essa circola solo nell'avvolgimento W_2, oltre, naturalmente, a quando la corrente circola contemporaneamente in ambedue gli avvolgimenti.

Come risulta dalla figura, l'avvolgimento W_1 riceve la corrente dalla batteria B_1 e supponiamo ora che fra i punti *A* e *D* sia inserita un'altra batteria B_2 e che i punti *C* e *B* siano collegati fra di loro in modo da formare un circuito che comprenda l'avvolgimento W_2 e possa essere chiuso dal contatto *K* ora aperto. In parallelo con l'avvolgimento W_2 abbiamo inoltre una lampadina *L* la quale, collegata in tale modo, sarà percorsa da corrente ogni qualvolta circola della corrente nell'avvolgimento W_2 e che si accenderà quindi alla chiusura del contatto *K*.

Come detto sopra abbiamo anche l'avvolgimento W_1 collegato con la batteria B_1 attraverso il tasto *TC*.

Premendo il tasto *TC* anche per un solo breve istante, la corrente della batteria B_1 circola nell'avvolgimento W_1, il nucleo *N* allora si magnetizza, attrae l'ancoretta *F* e chiude il contatto *K*. In questo momento nell'avvolgimento W_2 comincia a scorrere la corrente della batteria B_2 e il nucleo ne viene pure magnetizzato. Aprendo

il tasto TC, l'avvolgimento W_1 cessa di agire sul nucleo N ma questo è però magnetizzato dall'azione dell'avvolgimento W_2 e quindi il contatto K resta chiuso e la lampadina L rimane accesa.

Abbiamo voluto spiegarvi il funzionamento dello schema della fig. 2 in modo tanto dettagliato per potervi rendere più facilmente comprensibile il significato dello schema della fig. 1 il quale, a prima vista, può sembrare non tanto facile da seguire.

Avete quindi visto quello che succede quando si abbassa il tasto TC per la prima volta, quando cioè la lampadina L è spenta e si vuole accenderla. Osservate ora ancora attentamente lo schema della fig. 1 e badate a quello che accade quando il tasto TC viene premuto più volte di seguito. Come vi abbiamo detto, la prima volta funziona la suoneria o cicalino e si accende la lampadina L; per tutte le volte successive che si preme il tasto TC, funzionerà solo la suoneria mentre la lampadina L rimarrà sempre accesa per effetto della corrente che circola nel relé W_2. Solo premendo il tasto di spegnimento TS la corrente dell'avvolgimento W_2 si interrompe, il contatto K si apre e la lampadina L si spegne.

Nello schema della fig. 2, per rendere la spiegazione più chiara, abbiamo impiegato due batterie distinte ma un impianto del genere può funzionare benissimo con una sola batteria che per vie diverse alimenti tutte e due gli avvolgimenti del relé. Ciò risulta anche dallo schema della fig. 1.

Impianto semplice di chiamata a 3 colori

La suoneria funziona solo premendo TC. Le lampadine rimangono accese dopo premuto TC, finchè premendo TS si interrompe il circuito.

TC = Tasti di chiamata
S = Suoneria
L = Lampadine
R = Relè
B = Batterie
TS = Tasto di spegnimento

Linee disegnate accorciate; la retta tratteggiata significa che qui c'è un lungo tratto di linea.

Nella fig. 1 è rappresentato lo schema di un impianto necessario per fare funzionare una sola lampadina da un solo posto di chiamata, ma se si vuole essere in grado di poter chiamare da un solo posto diverse categorie di persone, occorrono naturalmente altrettanti tasti e altrettanti circuiti come quello già visto, ognuno con una lampadina di diverso colore.

Per esempio un impianto a tre tasti e tre lampadine può essere eseguito con il collegamento rappresentato alla fig. 3.

Come vi abbiamo già detto, anche per un impianto limitato ad un solo tasto di chiamata si possono rendere necessarie parecchie lampadine; ad esempio, una all'asterno della camera sopra la porta, una di orientamento all'incrocio di un corridoio e una nel locale di sosta del personale. In certi casi si ha anche una lampadina in un quadro di controllo.

TS Impianto di chiamata con lampadina locale, lampadina di orientamento e lampadina di controllo.

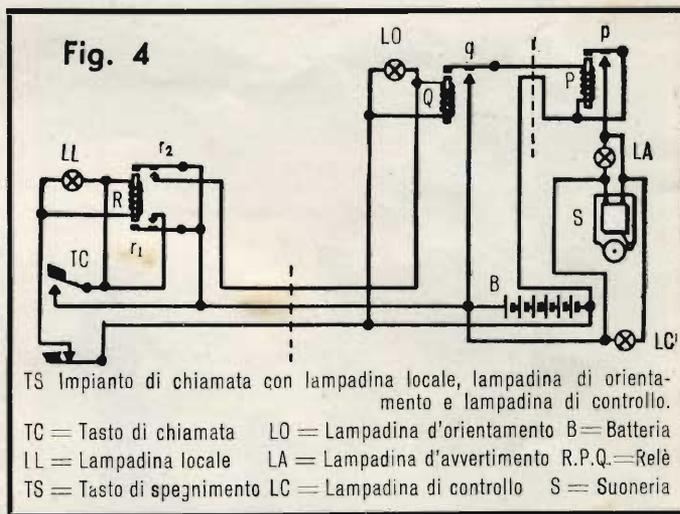
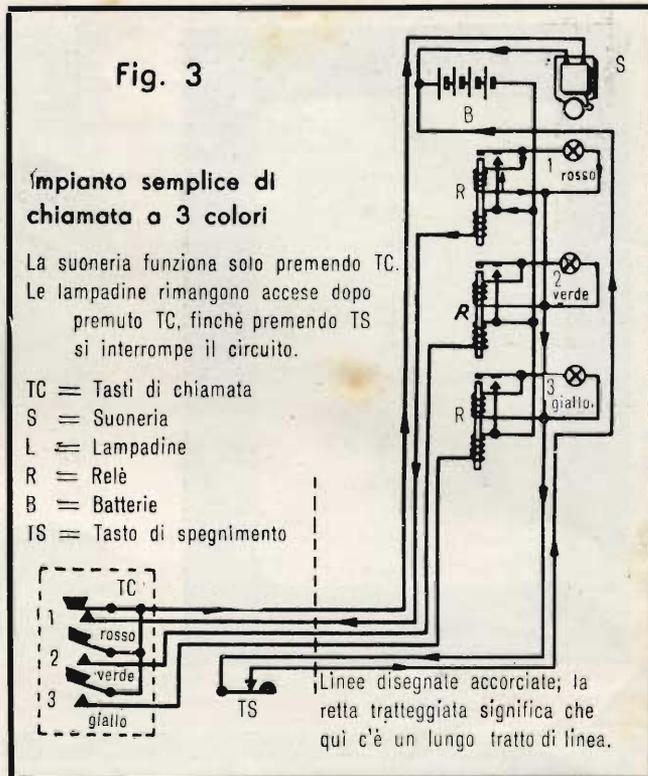
TC = Tasto di chiamata
LL = Lampadina locale
TS = Tasto di spegnimento
LO = Lampadina d'orientamento
LA = Lampadina d'avvertimento
LC = Lampadina di controllo
B = Batteria
R.P.Q. = Relè
S = Suoneria

Lo schema di un impianto del genere, per semplicità ridotto anch'esso ad un solo tasto di chiamata, è visibile nella fig. 4. Desiderando potere chiamare da una stessa camera una seconda categoria di persone, l'impianto dovrà avere un'altra volta lo stesso quantitativo di lampadine e di relé. Solo nel quadro di controllo che, negli alberghi è generalmente posto nell'Ufficio del Direttore, ci si può accontentare di una sola lampadina per ciascuna camera.

Seguiamo sullo schema della fig. 4 il percorso della corrente quando nella rispettiva camera viene abbassato il tasto TC. Il contatto stabilito in TC provoca dapprima l'accensione della lampadina LL posta all'esterno sopra la porta della camera e, contemporaneamente viene eccitato, cioè magnetizzato, il relé R il quale chiude i due contatti r_1 e r_2.

Negli schemi precedenti abbiamo impiegato dei relé con due avvolgimenti ed un solo contatto, ma come avviene nel caso attualmente considerato, risponde egualmente allo scopo un relé con due contatti ed un solo avvolgimento che possa però ricevere la corrente da due vie diverse.

Il contatto r_1 serve a mantenere il passaggio della corrente nell'avvolgimento del relé, nella lampadina LL e in tutta la rimanente parte dell'impianto anche quando il contatto TC viene aperto.

Il contatto r_2 fa giungere invece la corrente alla lampadina di orientamento LO posta all'incrocio dei corridoi ed inoltre fa eccitare il relé Q il quale può comandare un'altra eventuale lampadina di orientamento che qui però non è raffigurata. Il *relé* Q fa chiudere il contatto q e attraverso di esso eccita il relé P il quale, a sua volta, per mezzo del contatto p fa accendere la lampadina LA e fa funzionare la suoneria S entrambe poste

nel locale di sosta del personale. Contemporaneamente a ciò, esso provoca anche l'accensione della lampadina *LC* posta nel quadro di controllo.

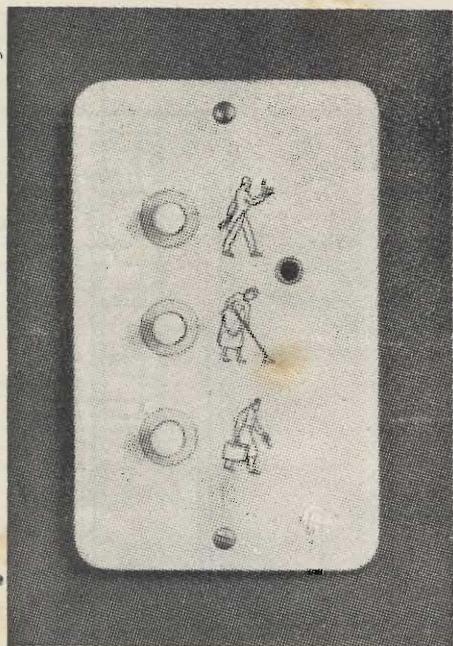



Fig. 5

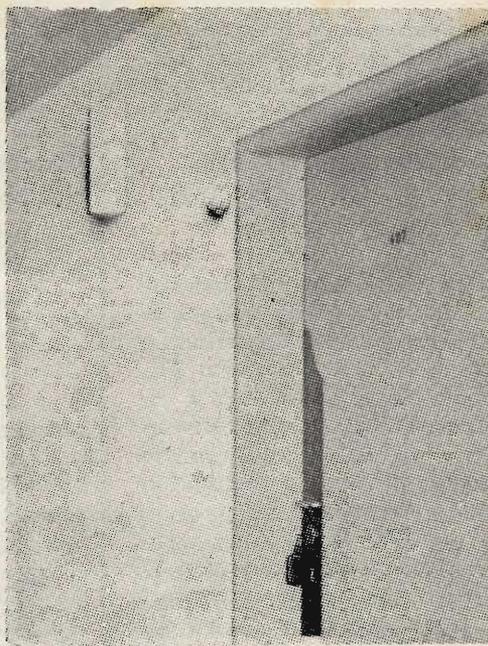



Fig. 6

Solo premendo il tasto di spegnimento *TS*, il cui contatto è chiuso nella posizione di riposo, si interrompe il circuito generale provocando lo spegnimento di tutte le lampadine. Osservate attentamente lo schema e seguite alcune volte il percorso della corrente e lo svolgimento delle funzioni dell'impianto. La fig. 5 mostra una tastiera da muro per un impianto di chiamata a tre colori, nella camera di un albergo. Nel corridoio, in alto accanto alla porta della camera si trova la lampadina locale, visibile in alto a sinistra nella fig. 6 e a destra sopra la porta nella fig. 7. Accanto alla porta c'è il tasto di spegnimento o d'annullamento. Negli ospedali questo tasto si trova invece nell'interno della camera.

Nella fig. 6 in alto a sinistra, come pure nella fig. 7, è visibile una « lampadina di gruppo » o di orientamento, di quelle collocate nei corridoi.

Nella fig. 7 si vede il funzionamento esteriore di un siffatto impianto di chiamata luminosa. In luogo della tastiera da muro si può anche usare la tastiera da tavolo visibile a sinistra in basso.

Fig. 7

ELETTROTECNICA GENERALE

Nella Dispensa N. 3 avete conosciuta la legge di Ohm e già allora vi sarete resi conto di quanto sia importante la conoscenza perfetta di questa legge per potere comprendere le cause e gli effetti di tutti i fenomeni elettrici. Ci sarà quindi utile di penetrare ancora più profondamente nei « segreti » e nelle applicazioni di questa legge.

La legge di Ohm

Nello studio della legge di Ohm abbiamo ripetutamente parlato di tensione, di intensità, di corrente e di resistenza. Voi conoscete anche già il nome delle unità di misura per queste tre grandezze, e sapete che la tensione si misura in volt, la intensità di corrente in ampère e la resistenza in ohm. Sapete anche che queste tre grandezez si presentano sempre assieme e che sono in stretta relazione fra di loro.

Dove deve scorrere una corrente elettrica, è necessaria una « pressione » che la sospinga, cioè una tensione. Se non c'è tensione, non esiste neanche corrente. L'acqua che riposa quietamente in uno stagno non scorre per l'unica ragione che non vi è alcuna differenza di livello, solo dove esiste un dislivello, ossia una pendenza, può formarsi una corrente. Il dislivello produce pressione. Ciò che per l'acqua noi chiamiamo dislivello, corrisponde, nel senso elettrico, alla tensione.

Quando c'è dell'acqua che scorre, sia nel letto di un fiume, che in una tubazione, essa incontra delle resi-

stenze. Non è comprensibile che una corrente d'acqua possa non incontrare delle resistenze. Anche per la corrente elettrica abbiamo la medesima cosa; la sua intensità è sempre diminuita dalle resistenze che le si oppongono.

È dunque evidente che i tre concetti di tensione, corrente e resistenza debbano essere sempre uniti. Queste tre grandezze sono legate tra loro da una relazione, descritta nella legge di Ohm. Vogliamo illustrarvi ancora una volta questa legge usando un esempio semplice e divertente.

Immaginate un cinema nel quale venga rappresentato un film emozionante. Grande è quindi la tensione di spirito degli spettatori. Di conseguenza è numerosa la folla che viene ad assistere allo spettacolo. In altre parole: anche la corrente è grande. Anche per la corrente elettrica è pressapoco la stessa cosa.

Possiamo anche proseguire nel nostro paragone e supporre che si presenti una certa resistenza, costituita dai prezzi elevati dei biglietti d'entrata. Supponiamo quindi che il film sia molto interessante, ma che i biglietti siano molto cari. La corrente degli spettatori rimane quindi diminuita dalla elevata resistenza che le oppongono i prezzi elevati. La corrente non cresce quindi a dismisura, ma rimane piuttosto piccola, perchè incontra una grande resistenza.

Osservando le figg. 9 e 10 potete rendervi conto del rapporto tra la corrente e la resistenza; osservando le figg. 11 e 12, di quello che intercorre tra la corrente e la tensione. La corrente rimane piccola quando la tensione è bassa. Essa potrebbe tuttavia crescere anche in questo caso, qualora la resistenza diventasse assai piccola; per esempio, se i prezzi di entrata venissero ridotti a, diciamo, 5 lire. Ad ogni modo per la corrente elettrica vale quanto segue: :

▌ *L'intensità di corrente aumenta col crescere della tensione e diminuisce col crescere della resistenza.*

Ricordate un momento i tempi della scuola elementare ed esercitatevi ancora nel calcolo con le frazioni. Osserviamo la frazione $\frac{1}{2}$. Essa significa che bisogna fare la metà dell'intiero (cioè di 1) che si trova nel « numeratore » (ossia sopra la linea di frazione); che si tratti di una metà è espresso dal « 2 », cioè dal numero che si trova nel « denominatore » (sotto la linea di frazione). Se facciamo più grande il numero al disopra della linea di frazione, il numeratore, aumenta il valore della frazione; per esempio $\frac{2}{2}$ sono già un intiero, $\frac{3}{2}$ ancora di più e $\frac{4}{2}$ equivalgono a due intieri.

Il valore di una frazione cresce dunque aumentando il numeratore. Se invece aumentiamo il denominatore il suo valore diminuisce.

Se, per esempio, sostituiamo nella frazione $\frac{1}{2}$ il 2 con un 3, otteniamo $\frac{1}{3}$; se mettiamo un 4, otteniamo un valore ancora più piccolo, ossia $\frac{1}{4}$.

Ripetiamo: *il valore della frazione diminuisce, quando il denominatore cresce.*

Abbiamo appreso poco fa che la corrente elettrica aumenta con l'aumentare della tensione, e diminuisce con l'aumentare della resistenza. E così, pensando a quanto avviene alle frazioni, abbiamo trovato una specie di formula:

$$\text{Valore della frazione} = \frac{\text{crescente con l'aumentare del numeratore}}{\text{decrescente con l'aumentare del denominatore}}$$

$$\text{Valore dell'intensità di corrente} = \frac{\text{crescente con l'aumentare della tensione}}{\text{decrescente con l'aumentare della resistenza}}$$

È inutile fare tanti discorsi; basta dire:

$$\text{Intensità di corrente} = \frac{\text{Tensione}}{\text{Resistenza}}$$

In parole: *Intensità di corrente uguale a tensione divisa per resistenza.*

Per fare la prova inseriamo delle cifre: poniamo per la tensione 100, per la resistenza 10.

$$\text{Otteniamo: Corrente} = \frac{100 \text{ (tensione)}}{10 \text{ (resistenza)}} \quad \text{E quindi corrente} = 10.$$

Facciamo crescere la tensione, per esempio fino a 1000, e otteniamo: corrente $= \frac{1000 \text{ (tensione)}}{10 \text{ (resistenza)}}$ ossia corrente = 100.

Ecco chiaramente dimostrato che, essendo aumentata la tensione, è cresciuta anche l'intensità di corrente; mentre prima essa era infatti 10, ora è 100. Proviamo ora invece ad aumentare la resistenza. Nel primo caso avevamo:

Intensità di corrente $= \frac{100 \text{ (tensione)}}{10 \text{ (resistenza)}}$ ossia: intensità di corrente = 10.

Se poniamo per la resistenza in luogo del valore 10 ilvalore 100, otteniamo:

Intensità di corrente $= \frac{100 \text{ (tensione)}}{100 \text{ (resistenza)}}$ ossia: Intensità di corrente = 1.

Fig. 9

Piccola corrente (di persone) perchè grande resistenza

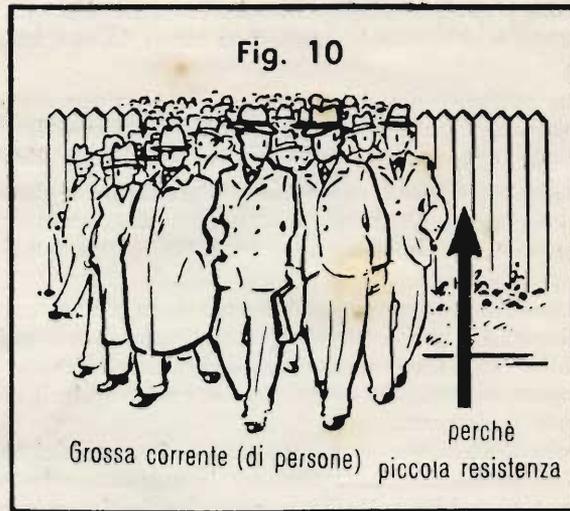
Fig. 10

Grossa corrente (di persone) perchè piccola resistenza

Fig. 11

Piccola corrente (di persone) perchè scarsa tensione

Fig. 12

Grossa corrente (di persone) perchè grande tensione

Prima con una resistenza di 10, abbiamo calcolato una corrente di 10; ora, con una resistenza più grande, otteniamo 1. L'intensità di corrente è quindi diminuita; essa diventa tanto più piccola, quanto maggiore è la resistenza. La formula: $\text{Intensità di corrente} = \dfrac{\text{Tensione}}{\text{Resistenza}}$

si chiama legge di Ohm, in onore di Ohm che la scoperse.

Nell'elettrotecnica invece si evitano le troppe parole, e si scrive la formula abbreviando ogni termine con una lettera, che altro non è che l'iniziale della parola corrispondente:

*I*ntensità di corrente = I   *R*esistenza = R   *T*ensione = T

Per la tensione non useremo però l'iniziale « T », ma la lettera « V ». Anche questa però non sarà difficile da ricordare; basta pensare che la « V » è l'iniziale della parola latina « vis » che significa « forza », cioè « forza elettromotrice », che come apprenderete in seguito, è un'altra definizione della « tensione elettrica ». E poi possiamo anche pensare al « volt » che è l'unità di misura della tensione, così chiamata in onore di Alessandro Volta. La legge di Ohm, nella sua notazione abbreviata, si scrive dunque così:

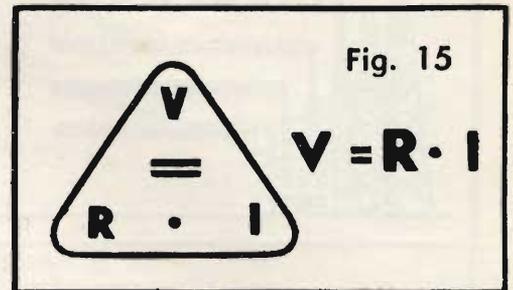
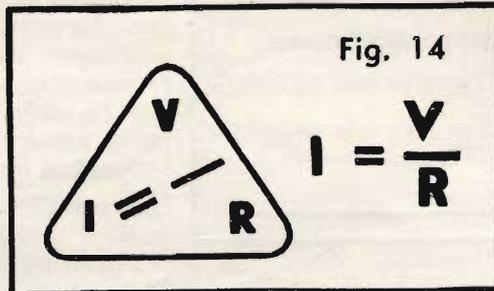
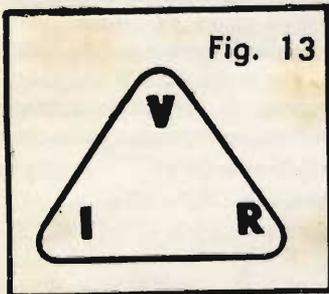
$$I = \frac{V}{R}$$

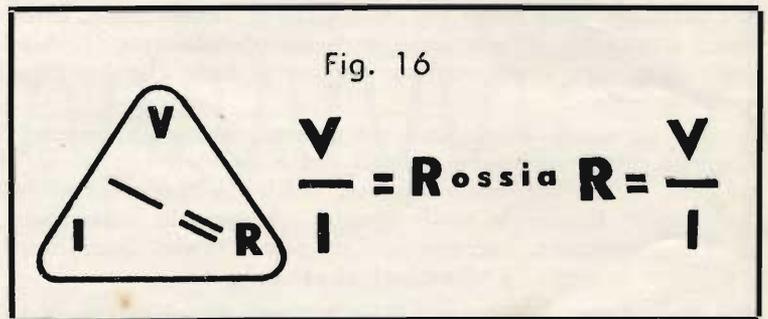
dove i simboli usati indicano: I = intensità di corrente   V = tensione   R = resistenza

È una formula della quale dovete rendervi perfettamente padroni. Essa è la base di numerosissime applicazioni dell'elettrotecnica e quindi deve far parte del vostro attrezzamento professionale, come la zappa per il giardiniere e la pialla per il falegname.

L'espressione $I = \frac{V}{R}$ si può trasformare matematicamente.

Abbiamo allora: per la tensione: $V = R \cdot I$ per la resistenza $R = \frac{V}{I}$

Per ricordare facilmente la legge di Ohm, si possono mettere in fila le lettere VIR, in modo da comporre la parola VIR, voce latina che significa « uomo ». Scritta però $V = I \cdot R$ significa « V uguale I per R » ossia: *la tensione è uguale all'intensità di corrente moltiplicata per la resistenza.*

Per aiutarvi a ritrovare le varie formule trasformate dalla legge di Ohm, vi suggeriamo un altro piccolo trucco. Osservare la fig. 13. Rappresenta un triangolo, nella punta del quale si trova una « V », mentre i due angoli inferiori sono contrassegnati da « I » ed « R ». A che serve questo triangolo?

Da questo triangolo si può rilevare subito in che modo si può trovare la tensione conoscendo la corrente e la resistenza, e viceversa. Potete vedere la dimostrazione pratica di ciò nelle figg. 14, 15 e 16. Volete per esempio conoscere V; la fig. 15 vi dice subito che $V = R \cdot I$; oppure volete avere R, la fig. 16 indica che $R = V : I$. Se infine cercate I, basta che guardiate la fig. 14, $I = V : R$.

Osservate che in entrambi i casi in cui non si cerca V, bensì R o I, la tensione V si trova sopra la linea di frazione. Quindi se si cerca R, deve stare I sotto la linea di frazione, e se si cerca I, deve starci R. V invece non sta mai sotto la linea di frazione, e quando se ne vuole conoscere il valore, bisogna moltiplicare fra loro altre due grandezze.

RADIOTECNICA

Lunghezza d'onda e frequenze

In questo corso abbiamo parlato già varie volte di onde « lunghe » e « corte »; vogliamo ora spiegarvi dettagliatamente questi due concetti, limitandoci però a quelle gamme d'onde che vengono usate nelle radiodiffusioni nonchè nella telegrafia e telefonia senza fili.

Per indicare una lunghezza d'onda, esistono due possibilità: la si può indicare in metri, oppure si dà il *numero delle vibrazioni al secondo* eseguite dall'onda. Conseguentemente si usano due diverse unità di misura: il *metro* e l'*hertz*, unità delle quali farete ben presto buona conoscenza.

Metri e hertz

Occupiamoci dapprima dell'unità « metro ». Le onde dell'etere, di cui fanno parte le onde radio, si suddividono come segue:

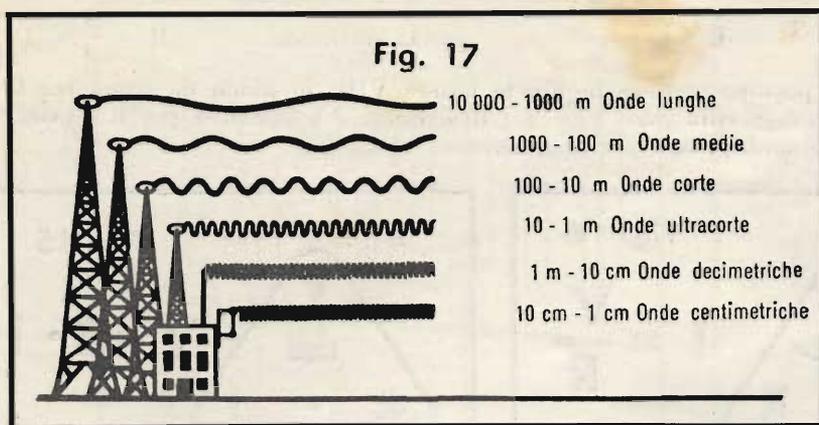
onde lunghe	da oltre 1 000 a 10 000 m	
onde medie	da oltre 100 a 1 000 m	
onde corte	da oltre 10 a 100 m	
onde ultracorte	da oltre 1 a 10 m	
onde decimetriche	da oltre 0,1 a 1 m	
onde centimetriche	da oltre 0,01 a 0,1 m	
onde millimetriche	fino a 0,001 m	

Queste varie gamme d'onde sono rappresentate nella fig. 17.

Se aprite un qualsiasi periodico della radio, accanto al nome di ogni stazione, trovate sempre indicata anche la relativa lunghezza d'onda. Per esempio per Radio Droitwich è indicata una lunghezza d'onda di 1500 metri, che appartiene quindi alle onde lunghe.

Nelle radiotrasmissioni si utilizzano lunghezze d'onda fino a circa 2000 metri, mentre per la telegrafia senza fili vengono usate lunghezze d'onda ancora maggiori, per esempio attorno ai 5000 o addirittura agli 8000 metri.

La maggior parte delle stazioni radio trasmettono nella gamma delle *onde medie*. Di questa gamma fanno parte per esempio le lunghezze d'onda di tutte le stazioni italiane della rete rossa e della rete azzurra, le tre stazioni nazionali svizzere ecc.

Anche nella gamma delle onde corte abbiamo delle speciali stazioni, trasmittenti in tutti i paesi; p.

es. in Italia Busto Arsizio, con le lunghezze di 31,15, 25,40, 19,84, 49,30 e Roma 41,38 m; in Isvizzera 48,66 e 31,47 m.

Le onde ultracorte, si utilizzano anzitutto nella televisione, per le trasmissioni sia dell'immagine che del suono. La cosiddetta « onda di immagine » utilizzata dalle stazioni germaniche di televisione ha una lunghezza di 6,27 m, mentre l'« onda sonora » che porta la musica e le parole d'accompagnamento alle immagini, è lunga 6,67 m.

Le gamme delle onde decimetriche, centimetriche e millimetriche hanno una speciale importanza, come vedrete in seguito, e non sono ancora a disposizione del pubblico.

Nei periodici della radio per ogni stazione trasmittente, oltre alla lunghezza d'onda in metri, trovate indicato anche il numero di vibrazioni in hertz o chilohertz (1 chilohertz = 1000 hertz). Eccoci dunque alla seconda unità di misura, e ora vogliamo prima di tutto chiederci qual'è la relazione che passa tra « metri » e « hertz » o « chilohertz ».

Pensate di nuovo alle nostre spiegazioni sulle onde sonore. Vi abbiamo parlato allora di suoni « alti » e « bassi », che corrispondono a numeri alti e bassi di vibrazioni al secondo. Guardiamo per esempio un'arpa: essa possiede da un lato corde lunghe, dall'altro corde corte; le prime producono note basse, le altre note acute. Come mai? Perchè le corde lunghe vibrano più lentamente, cioè compiono un numero più piccolo di vibrazioni in un secondo che non quelle corte. Ciò che determina la maggiore o minore altezza di un suono è dunque il suo numero di vibrazioni al secondo.

Una delle corde lunghe dell'arpa eseguirà per esempio 50 vibrazioni al secondo; invece una di quelle corte ne farà forse 2000. Misurando queste vibrazioni si possono contraddistinguere con grande precisione le altezze dei suoni.

Naturalmente si potrebbe esprimere l'altezza di una nota anche per mezzo della lunghezza della corrispondente onda sonora, dicendo per esempio che una certa nota ha una lunghezza di tanti e tanti metri. Per ragioni che apprenderete più tardi, si preferisce però esprimere l'altezza di un suono indicandone la frequenza. Comunque una cosa è sempre certa:

Le onde lunghe hanno un numero di vibrazioni basso, le onde corte invece un numero di vibrazioni elevato; ciò vale sia per le onde sonore che per le onde radio.

Come già sapete, le onde elettriche si propagano con la velocità di 300 000 chilometri al secondo. Prendiamo due punti A e B (fig. 1-*a*) distanti fra di loro 300 000 km. Fra questi due punti ci sta esattamente un'onda lunga 300 000 chilometri, la quale eseguisce quindi una sola vibrazione in un secondo, perchè nella distanza fra i due punti A e B si trovano un solo « monte » ed una sola « valle ». Quest'onda tremendamente lunga possiede la frequenza di 1 hertz, cioè di una vibrazione al secondo.

Una vibrazione completa, cioè la successione di una semionda positiva e di una semionda negativa, si chiama periodo. Quindi invece di parlare di « numero di vibrazioni al secondo », si può anche dire « periodi al secondo » che si abbrevia in « per./sec. ». Si è trovato però più pratico dare un nome apposito all'unità di misura per la frequenza, e si è deciso di chiamarla « hertz », in onore del fisico tedesco Enrico Hertz (1857-1894). Un periodo al secondo equivale quindi ad un hertz = 1 Hz. Una vibrazione di 1 Hz effettua quindi in ogni secondo una completa semionda positiva ed una completa semionda negativa. È bene ricordare che l'« hertz » è l'unità di misura delle « vibrazioni » e che quindi serve non soltanto per la misura della frequenza delle onde radio, ma anche di quelle del suouo, di vibrazioni meccaniche, ecc.

Come siete abituati a dire per 1000 metri 1 chilometro e per 1000 grammi 1 chilogrammo, così 1000 hertz si chiamano chilohertz, che si abbrevia « kHz » (k minuscola e H maiuscola! »). Nei paesi di lingua inglese e francese, e spesso anche in Italia, è invalso invece l'uso di chiamare « cicli » i « periodi al secondo ». Un « ciclo » si abbrevia « 1 c » oppure « 1 Cy », ed analogamente in luogo di chilohertz (kHz) si parla di « chilocicli », abbreviati in « kc ». Abbiamo dunque:

1 vibrazione al secondo = 1 per./sec. = 1 Hz = 1 c (Cy)
1000 vibrazioni al secondo = 1000 per./sec. = 1 kHz = 1 kc

Nel campo delle alte frequenze troviamo spesso delle vibrazioni di alcuni milioni di periodi al secondo, ossia di alcuni migliori di hertz. Per evitare di dover scrivere numeri troppo grandi, si usa un'altra abbreviazione assai comoda: 1 000 000 hertz (Hz) = 1000 chilohertz (kHz) = 1 megahertz (MHz), oppure alla maniera anglosassone: 1 000 000 c (Cy) = 1000 kc = 1 Mc.

Conosciute così le denominazioni e le abbreviazioni in uso, torniamo alla fig. 18.

L'onda lunghissima di 1 Hz compie una oscillazione al secondo, e poichè la sua velocità di propagazione ammonta a 300 000 km al secondo, la sua lunghezza è esattamente 300 000 km.

Naturalmente nella stessa distanza di 300 000 km possiamo farci stare anche 10 onde lunghe 30 000 km ciascuna; per poter percorrere tutta la distanza di 300 000 km ognuna di queste onde deve eseguire 10 oscilla-

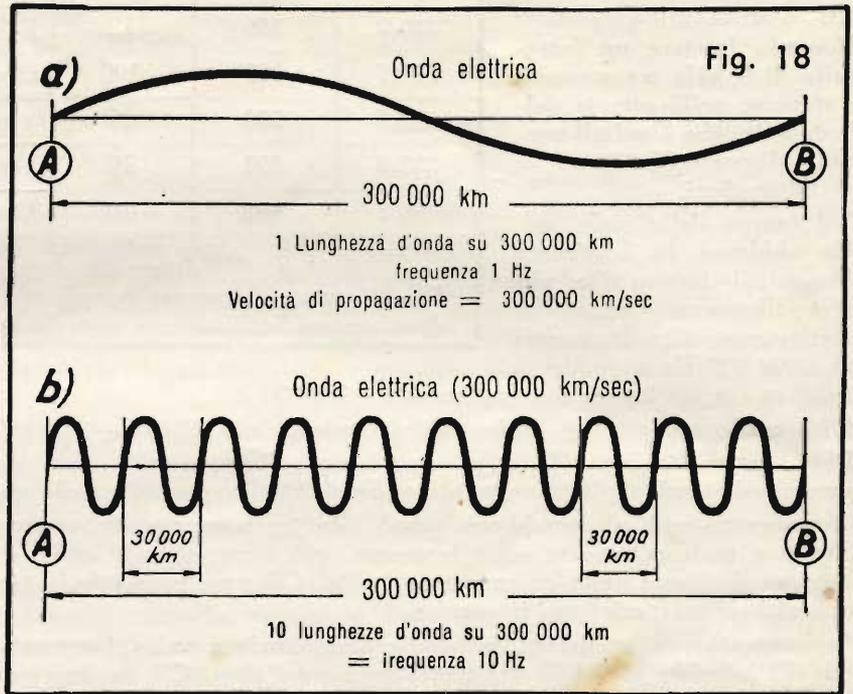
zioni in un secondo; di conseguenza essa ha una frequenza di 10 Hz. Se prendiamo invece un'onda lunga 10 km, troviamo che entra 30 000 volte nella distanza di 300 000 km tra A e B; quindi la sua frequenza è uguale a 30 000 Hz ossia 30 kHz. Anche se prendiamo un'onda più corta ancora, p. es. di 1000 m, ne troviamo sempre la frequenza dividendo la velocità di propagazione per la lunghezza d'onda data.

Per un'onda di 1000 m calcoliamo: 300 000 000 : 1000 = 300 000, e abbiamo così il numero dei periodi al secondo. (Invece di calcolare con 300 000 km, abbiamo dovuto inserire nel conto 300 000 000 m, perchè la lunghezza d'onda era indicata in metri; bisogna infatti in questi conti badare sempre che le unità di misura collimino fra loro). La frequenza ammonta quindi a 300 000 hertz ossia a 300 kHz.

Allo stesso modo si ottiene, per una lunghezza d'onda di 100 m, una frequenza di 3 000 000 Hz = 3000 kHz = 3 MHz.

Riassumendo:

Più piccola è la lunghezza d'onda, e più elevata è la frequenza. Un'onda lunga 1 m compie 300 000 000 di oscillazioni al secondo e possiede quindi una frequenza di 300 000 000 Hz = 300 000 kHz = 300 MHz.

Così come ci è stato possibile di determinare la frequenza di un'onda della quale era data la lunghezza, si può naturalmente calcolare anche la lunghezza d'onda quando se ne conosce la frequenza cioè il numero di periodi al secondo. Notiamo quindi le due formule, con l'aiuto delle quali si possono eseguire questi calcoli:

$$\text{Frequenza (Hz)} = \frac{300\,000\,000}{\text{lunghezza d'onda (m)}} \quad . \; . \; . \quad \text{Formula (5-a)}$$

$$\text{Lunghezza d'onda (m)} = \frac{300\,000\,000}{\text{frequenza (Hz)}} \quad . \; . \; . \quad \text{Formula (5-b)}$$

Le lettere tra parentesi significano le unità di misura e precisamente m = metri, Hz = hertz.
Controlliamo per esempio le onde di due stazioni:

La stazione di Milano I ha una lunghezza d'onda di 333,7 b; in base alla formula (5-*a*) la sua frequenza ha il seguente valore: $\frac{300\,000\,000}{333,7} = 899\,000 \text{ Hz} = \mathit{899\ kHz}.$

La stazione di Roma I ha la frequenza di 845 kHz = 845 000 Hz; la sua lunghezza d'onda è quindi $\frac{300\,000\,000}{845\,000} = \mathit{355,0\ m}.$

L'intervallo di frequenza

Per ragioni che verranno spiegate in seguito, le frequenze delle stazioni radio, così come sono stabilite ora, devono distare almeno 9 kHz le une dalle altre. Per esempio la stazione Napoli I trasmette sulla frequenza di 656 kHz. La più prossima stazione con una frequenza superiore non può seguire che in un intervallo di 9 kHz; è la stazione di Wilno con la frequenza di 665 kHz. La stazione più prossima con una frequenza inferiore è invece Droitwich con 647 kHz. Come vedete, l'intervallo di frequenza sia verso l'alto che verso il basso è sempre uguale a 9 kHz.

Un altro esempio: le stazioni contigue a Milano I (899 kHz) sono Algeri con 890 kHz e Londra Reg. con 908 kHz. Anche qui è osservato l'intervallo di 9 kHz. Altri esempi si trovano nelle tabelle pubblicate dai periodici della radio e di cui la fig. 19 mostra un ritaglio.

Dalla necessità di lasciare un intervallo di 9 kHz tra una stazione e l'altra deriva il fatto che è possibile l'esercizio di un numero assai superiore di stazioni nel campo delle onde medie che non nel campo delle onde lunghe. Un semplice calcolo basta per convincere dell'esattezza di questa affermazione.

Supponiamo di voler utilizzare l'intiera gamma tra i 10 000 ed i 1000 m. (In realtà le onde utilizzate dalle stazioni radio non superano però mai i 2000 m. La lunghezza d'onda di 1000 m corrisponde alla frequenza di 300 000 Hz; quella di 10 000 m alla frequenza di 30 000 Hz.

La gamma di frequenza delle onde lunghe è dunque compresa tra 30 kHz e 300 kHz ed abbraccia un intervallo complessivo di 300 — 30 = 270 kHz. Dovendo lasciare un intervallo di 9 kHz tra stazione e stazione nella gamma delle onde lunghe è quindi possibile disporre di 270 : 9 = = *30 stazioni.*

Lunghezza d'onda in m.	Frequenza in kHz	Potenza di trasmissione in kW	Fig. 19	
538,6	557	15	Monte Ceneri	Svizzera
530,0	566	12	Palermo	Italia
521,7	575	100	Stoccarda	Germania
513,7	584	15	Vienna I	Austria
505,9	593	10	Francoforte	Germania
498,3	602	10	Lione	Francia

Intervallo di frequenza tra le singole stazioni = 9 kHz
Poichè queste frequenze potrebbero venir cambiate, si consiglia di richiedere sempre la situazione aggiornata delle onde.

Nel campo delle onde medie abbiamo la lunghezza d'onda di 100 m (la più breve di questa gamma) che corrisponde alla frequenza di 3 000 000 Hz e quella di 1 000 m (la più lunga) che corrisponde a 300 000 Hz.
L'intervallo complessivo di frequenza equivale a 3 000 000 — 300 000 = 2 700 000 Hz = 2700 kHz.
Dato l'intervallo di 9 kHz, si possono dunque disporre nelle onde medie 2700 : 9 = *300 stazioni,* quindi un numero di stazioni dieci volte maggiore di quello possibile nella gamma delle onde lunghe.
Continuando così, si potrebbero quindi, almeno teoricamente, mettere in esercizio 3000 stazioni a onde corte, 30 000 a onde ultracorte ecc.; insomma, più corte sono le onde, e più grande è il numero di stazioni che si possono sistemare nella gamma considerata. Ciò vale però solo in teoria, poichè in pratica sopravvengono delle difficoltà di cui parleremo in seguito.
Se osservate con attenzione le tabelle delle stazioni radio, troverete veramente in qualche caso anche degli intervalli inferiori ai 9 kHz tra una stazione e l'altra. Ciò avviene però esclusivamente quando le due stazioni in questione sono molto distanti l'una dall'altra oppure quando hanno una potenza così limitata, da non potersi disturbare a vicenda. A questo riguardo è interessante sapere che le lunghezze d'onda di tutte le stazioni trasmittenti del mondo sono stabilite per mezzo di accordi internazionali.
Studiando le tabelle delle stazioni radio troverete forse anche che molte stazioni usano la stessa lunghezza d'onda. Questo avviene per esempio per le stazioni italiane di Napoli 2, Ancona e Torino 2, che trasmettono tutte e tre sull'onda 207,2 m, pari alla frequenza di 1448 kHz. Questi gruppi di stazioni che utilizzano la medesima onda si chiamano « stazioni sincronizzate ».

Il presupposto indispensabile per l'esercizio di stazioni sincronizzate è che tutte trasmettono il medesimo programma; altrimenti i radioascoltatori abitanti per esempio a metà strada tra Ancona e Torino riceverebbero contemporaneamente entrambi i programmi e ne risulterebbe un miscuglio non certo piacevole.

m	kHz	Fig. 20	
207,2	1448	Napoli 2	Italia
207,2	1448	Ancona	Italia
207,2	1448	Torino 2	Italia

Stazioni sincronizzate che trasmettono sulla stessa onda e col medesimo programma.

Le ragioni per cui si sono istituite le stazioni sincronizzate è la scarsità di frequenze d'onde disponibili nella gamma delle onde medie. Come abbiamo detto, le lunghezze d'onda vengono stabilite in base ad accordi internazionali. Inoltre ogni nazione può disporre soltanto di un dato numero di frequenze d'onda che non può aumentare in nessun caso. Non rimane quindi che la possibilità delle stazioni sincronizzate, che utilizzano la medesima onda (fig. 20).

m	kHz	kW	Fig. 21	
290,1	1034	10	Milano 2	Italia
290,1	1034	10	Tallinn	Estonia

Stazioni che trasmettono sulla stessa onda, ma programmi differenti.

L'eccezione conferma la regola! Anche qui vale questo detto, poichè esistono in Europa anche stazioni che trasmettono sulla medesima onda ma con programmi differenti. Come abbiamo detto, ciò è possibile soltanto se esse si trovano a grande distanza fra di loro oppure trasmettono con potenza così ridotta, da non doversi temere reciproci disturbi. Citiamo come esempio la stazione di Milano 2 e quella di Tallinn (fig. 21).
La potenza di trasmissione di una stazione radio viene espressa in chilowatt. Una stazione potente, per esempio quella di Beromünster, lavora con 100 chilowatt, mentre una debole stazione locale lavora con soli 0,5 chilowatt. Più alto è il numero di chilowatt, e più grande è naturalmente la portata cioè la distanza alla quale si può ricevere la trasmissione di una stazione, a prescindere dall'influsso della lunghezza d'onda.

Domande

1. Quali sono le gamme d'onda usate nella radiotecnica?
2. Qual'è la frequenza di un'onda lunga 1000 m?
3. A quale lunghezza d'onda corrisponde la frequenza di 3000 kHz?
4. Quale intervallo minimo di frequenza deve essere rispettato tra una stazione trasmittente e l'altra?

ELETTROTECNICA GENERALE

La potenza

Nel capitolo sulla «Radiotecnica» è stato detto che certe stazioni trasmittenti lavorano con 0,5 chilowatt, altre con 50 o con 100 chilowatt. Questo valore espresso in « watt » indica la potenza della stazione considerata. Vogliamo ora spiegare un po' più dettagliatamente il concetto di « potenza ».

Se in inverno vi recate nei pressi di un laghetto gelato e lasciate cadere un sassolino sulla lastra di ghiaccio, non accadrà nulla di speciale perchè il sassolino, con un piccolo tonfo, si fermerà sulla superficie gelata.

Se invece dallo stesso posto fate cadere un sasso un po' più grosso, accadrà forse che il ghiaccio si incrinerà; e infine un sasso molto grosso, lanciato sempre dal medesimo posto, riuscirà addirittura a perforare la lastra di ghiaccio. Senza dubbio la potenza di questo ultimo sasso è la maggiore di tutte quelle dei sassi precedenti. Però anche con un sasso di medie dimensioni è possibile raggiungere il medesimo effetto. Se immaginiamo che al margine del laghetto si trovi una torre dalla quale possiamo lanciare il sasso medio, questo bucherà certamente il ghiaccio benchè prima, lanciato da un piccola altezza, non avesse provocata che una screpolatura.

Si vede da ciò che la potenza di un sasso è tanto più grande, quanto più grosso è il sasso e maggiore l'altezza dalla quale esso viene fatto cadere.

Vediamo ora come varia la potenza nel caso dei corsi d'acqua. Un ruscello che aziona la ruota di un mulino possiede una certa modesta potenza. Un altro ruscello di uguale quantità d'acqua, ma che precipiti da una altezza superiore, esercita una pressione maggiore e possiede quindi una maggiore potenza. Esso può mettere in moto un'intera fabbrica, mentre il primo ruscello era soltanto in grado di far girare lentamente una sola macina di mulino.

E se, invece di un ruscello, si tratta per esempio di un fiume, con una grande quantità d'acqua dotato per di più di una certa caduta e capace quindi di esercitare una grossa pressione, esso potrà azionare delle gigantesche turbine capaci di far funzionare dei generatori elettrici destinati a fornire la corrente a intiere città.

Da ciò si deduce che la potenza di un corso d'acqua dipende da un lato dalla sua portata, cioè dalla quantità scorrente, e, dall'altro, dalla pressione che essa può esercitare.

Impiegando una grande portata e una piccola pressione, si ottiene una potenza media; la medesima potenza si può ottenere impiegando una piccola portata, ma con alta pressione. La potenza massima si ottiene naturalmente impiegando una grande portata (grande corrente d'acqua) e una pressione elevata. Con portata e pressione piccole invece non si ottiene che una potenza piccola o addirittura trascurabile.

La potenza elettrica

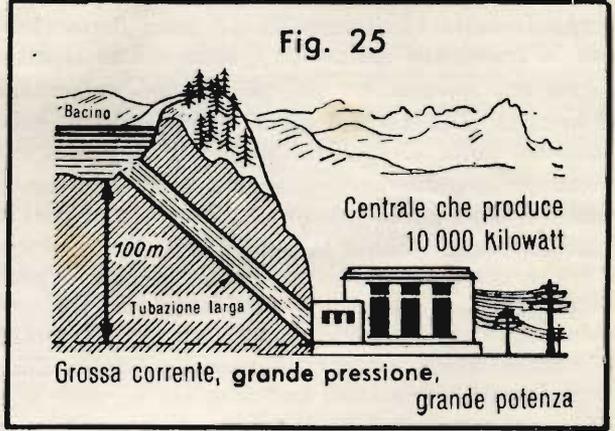
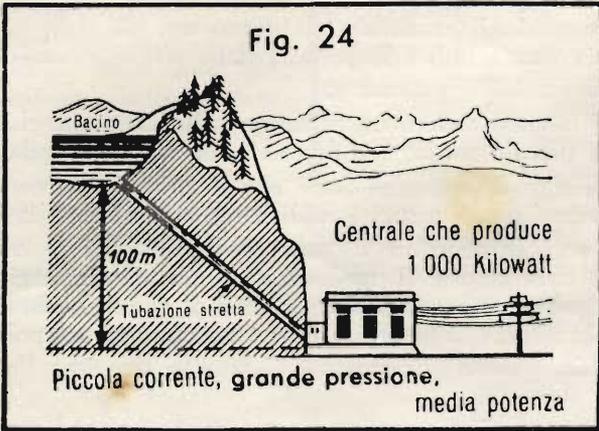
Nel campo della elettricità, del quale stiamo trattando, anche per la potenza le cose avvengono ancora una volta come per la corrente d'acqua. Al solito, la « portata d'acqua » corrisponde alla « intensità di corrente elettrica », la « pressione dell'acqua » alla « tensione elettrica ». Con una forte corrente elettrica ed una tensione debole si può ottenere solo una potenza di media grandezza. *Correnti intense unite a tensioni elevate generano invece potenze fortissime* (figg. 22, 23, 24, 25).

Le reti di distribuzione della corrente elettrica per la luce nella maggior parte dei casi hanno la tensione di 220 volt, tensione che non si può dire molto piccola, ma che comunque è soltanto di media grandezza. Come sapete esistono vari tipi di lampadine tutte adatte per 220 volt, che differiscono solo per la intensità della luce con la quale risplendono. Ciò dipende dal fatto che per esempio un tipo di lampadina è da 25 « watt », e l'altro da 100 « watt »; in altre parole, varia la « potenza » richiesta per il funzionamento di ogni singola lampadina.

Questa potenza è fornita dalla corrente elettrica che rende incandescente il filamento delle lampadine. Come abbiamo detto prima, la tensione è sempre la medesima, sia per la lampadina più luminosa che per quella che lo è meno. Poichè però varia la potenza necessaria per rendere incandescente il filamento, è chiaro che le lampadine che danno molta luce consumano una quantità di corrente maggiore che non le lampadine che ne danno poca.

Allo stesso modo un motorino elettrico da giocattolo, adatto per 220 volt ed allacciato ad una rete che abbia questa tensione, ha naturalmente una potenza minuscola ma consuma anche soltanto una piccolissima corrente. Un potente motore elettrico, allacciato alla medesima rete di 220 volt, sviluppa invece una grande potenza, ma per funzionare richiede però una corrente molto intensa.

Queste osservazioni ed altre consimili hanno portato a stabilire una formula, con l'aiuto della quale si calcola la potenza elettrica; essa suona così:

potenza = tensione moltiplicata per la corrente oppure *watt = volt moltiplicato per ampère*

Se avete prestata attenzione a quanto abbiamo detto sino ad ora, avrete potuto constatare che anche per la potenza elettrica esiste una unità di misura, la quale viene usata alla stessa stregua dell'« ampère » per l'intensità di corrente e del « volt » per la tensione.

La potenza elettrica si misura dunque in « watt », in onore dell'inventore della macchina a vapore, Giacomo Watt.

Possiamo ora calcolare senza difficoltà la potenza elettrica assorbita da una lampadina di 220 volt che consuma, come ci è stato detto, 0,25 ampère, quando viene collegata alla rete di 220 volt.

Abbiamo visto che *watt = volt per ampère;* avremo quindi: potenza = 220 · 0,25 = *55 watt.*

A questo proposito vi verrà in mente che le lampadine si trovano in commercio con le designazioni di lampadine da 25 watt, da 50 watt, da 100 watt, ecc. Il compratore comprende senz'altro che la luce prodotta da una lampadina da 100 watt è maggiore di quella di una lampadina da 50 o addirittura da 25 watt. L'indicazione dei watt non significa altro che in un caso è richiesto l'impiego di una potenza piccola, per esempio 25 watt, in un altro caso di una potenza sensibilmente superiore, per esempio 50 o 100 watt. È anche facilmente comprensibile che alla maggiore potenza elettrica richiesta, espressa in watt, corrisponde una maggiore potenza luminosa della lampadina.

Se volete conoscere l'intensità di corrente consumata da una lampadina, potete farlo facilmente applicando quanto avete ora imparato. La formula per il calcolo della potenza elettrica corrisponde esattamente a potenza = tensione per corrente oppure watt = volt per ampère e si scrive:

$$P = V \cdot I$$ . . . . Formula (6-a)

Abbiamo introdotto qui un nuovo simbolo, la « P » che rappresenta la potenza, mentre gli altri due già vi sono noti.

Per ricordare bene le formule si possono usare molti trucchi cosiddetti mnemonici cioè di aiuto alla memoria; da parte nostra però, come mezzo migliore per rammentare sicuramente le formule, vi consigliamo quello di sforzarvi di comprendere molto bene il significato dei singoli fenomeni e delle leggi fondamentali in modo da non avere alcun dubbio su di essi.

Riflettete quindi attentamente sopra ogni formula e ricordate anche di riferirvi sempre a casi analoghi da voi già conosciuti; in questo modo vi sarà sempre facile risolvere i problemi che vi si presentano nel campo della elettricità.

Torniamo ora alla nostra formula, per trovare il modo di calcolare la corrente richiesta da una lampadina, quando già ne conosciamo la tensione e la potenza. A questo scopo trasformiamo l'equazione $P = V \cdot I$ in modo che I risulti da solo nel membro di sinistra e avremo

$$I = \frac{P}{V}$$ . . . . Formula (6-b)

Problema: Qual'è l'intensità di corrente in una lampadina da 25 watt allacciata alla rete di 220 volt?

Soluzione: Inseriamo nella formula (6-b): $P = 25$ watt e $V = 220$ volt e abbiamo:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{25}{220} = 0{,}114 \text{ ampère.}$$

Vi consigliamo un buon esercizio: calcolate per conto vostro la corrente necessaria per il funzionamento di una lampadina da 50, da 100 e da 150 watt, quando la tensione della rete equivale a 220 volt; calcolate poi le intensità di corrente per lampade di uguale potenza,ma adatte per 110 volt. Constaterete allora che, a parità di potenza, quanto più bassa è la tensione impiegata, tanto più elevata è l'intensità di corrente richiesta e viceversa, come del resto è ovvio che sia.

Spesso interessa di potere calcolare la tensione V quando si conoscono la potenza e la corrente. $P = V \cdot I$ otteniamo allora $V = P : I$ oppure

$$V = \frac{P}{I} \qquad \text{. . . . . Formula (6-c)}$$

Problema: A quale tensione va collegata una stufetta elettrica della quale sono fissate la potenza ($P = 800$ watt) e la corrente ammissibile ($I = 3{,}64$ ampère)?

Soluzione: Utilizziamo la formula 6-*c* e inserendo i valori otteniamo: $V = \frac{P}{I} = \frac{800}{3{,}64} = 220 \text{ volt.}$

Così come 1000 grammi formano un chilogrammo e 1000 metri un chilometro, 1000 watt formano 1 chilowatt. L'abbreviazione di watt è la lettera « W »; chilowatt invece si scrive « kW » (k minuscola e W maiuscola).

Vi interesserà certamente conoscere il valore di alcune potenze che si impiegano in pratica; vi diamo quindi una tabellina dove sono riuniti alcuni di tali valori:

Indicazioni di potenza impiegata in watt o chilowatt					
Apparecchio telefonico	0,001	watt	Bollitore elettrico	600	watt
Campanello elettrico	0,5	watt	Antenna di una grossa stazione radio	100	kW
Lampade fluorescenti al neon al metro lineare di lunghezza	30	watt	Locomotiva elettrica	2000	kW
			Forno per fusione elettrico	15 000	kW

La potenza meccanica

I costruttori delle macchine a vapore e dei motori a scoppio usano esprimere la potenza non delle unità di misura impiegate in elettrotecnica, watt e chilowatt, ma in« cavalli » (« CV » = « cavalli-vapore », oppure « HP » dall'inglese « horse-power » = « potenza di cavallo »).

Avrete sicuramente già inteso parlare per esempio di motori da 8 oppure da 75 cavalli, o di una locomotiva da 1000 cavalli, ecc.

Anche in elettrotecnica si indica alle volte la potenza dei motori in « cavalli ». Esistono per esempio motori elettrici da 1 CV, altri da 200 CV; d'altra parte ci sono motorini per giocattoli da solo 1/8 CV.

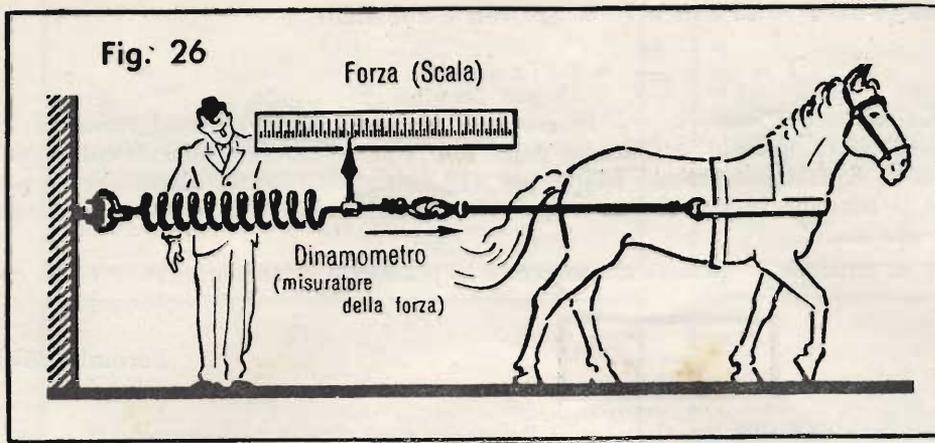
Oggi però si preferisce indicare sempre la potenza elettrica in kW, o in W.

Poichè il « cavallo-vapore » è una unità di misura della potenza, come lo è il chilowatt, deve esistere una relazione tra di essi. Sarebbe comodo per esempio se un « cavallo » equivalesse proprio ad un chilowatt; ma purtroppo non è così. Tuttavia la relazione vera tra le due unità non è difficile da ricordare:

$$1 \text{ CV} = 736 \text{ W} \qquad \text{. . . . . Formula (7-a)}$$

$$1 \text{ kW} = 1{,}36 \text{ CV} \qquad \text{. . . . . Formula (7-b)}$$

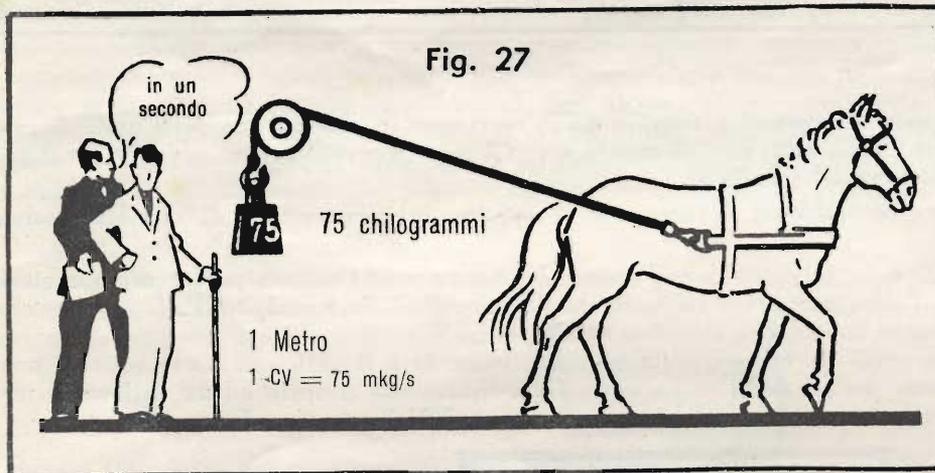
Il cavallo vapore

Vi interesserà apprendere in breve l'origine dell'unità di misura della potenza chiamata « cavallo-vapore ». 150 anni fa Giacomo Watt si stava occupando della costruzione di macchine e pompe a vapore, da impiegare nel prosciugamento delle miniere di carbone. In quel tempo questo lavoro si poteva eseguire solo con l'aiuto di cavalli. Venti o trenta robusti animali girando continuamente in cerchio, azionavano gli argani o le pompe per l'estrazione dell'acqua dai pozzi carboniferi. Ai padroni delle miniere interessava quindi poter sapere da Watt, quanti cavalli potessero sostituire le sue « pompe a vapore ». Per potere dare loro una risposta in merito, Watt dovette innanzitutto fare in modo da potere determinare quale fosse la potenza fornita da un cavallo da lavoro. A questo scopo inserì fra le tirelle dell'animale e l'argano al quale esso era attaccato un « dinamometro » o « misurtore di forza ». Il dinamometro è costituito da una robusta molla di trazione munita di un indice il quale, spostandosi sopra una scala graduata segna con precisione l'intensità della forza esercitata sopra la molla stessa. Oltre a misurare in tal modo la forza esercitata dal cavallo, Watt misurò anche lo spazio che esso aveva percorso in otto ore di lavoro.

Queste misurazioni furono fatte in *chilogrammi* per la forza, in *metri* per lo spazio e in *minuti secondi* per il tempo impiegato a percorrere lo spazio considerato e Watt espresse i risultati dei suoi calcoli in *« chilogrammetri al secondo »* ed egli stabilì che la potenza fornita da un cavallo equivale a *75 chilogrammetri al secondo.*

È però facilmente comprensibile che un cavallo, anche se robusto, può fornire una simile potenza solo per breve tempo, mentre la potenza di un cavallo sottoposto ad un lavoro continuato è sensibilmente inferiore a tale limite.

A questo punto è bene chiarire che mentre il « chilogrammetro al secondo » è l'unità di misura della potenza meccanica, il « chilogrammetro » semplicemente, senza alcuna indicazione di unità di tempo, è invece l'unità di misura del lavoro meccanico; 1 kgm (kgm è l'abbreviazione di chilogrammetro) è il lavoro necessario per sollevare all'altezza di 1 metro il peso di 1 kg. È chiaro che con lo stesso lavoro si possono egualmente sollevare 1 grammo all'altezza di 1000 m oppure 10 kg all'altezza di 10 cm o 100 kg all'altezza di 1 cm.

Ed ora consideriamo un lavoro di 1000 kgm; esso equivale per esempio al sollevamento di 100 kg all'altezza di 10 m. Supponiamo che questo lavoro avvenga trasportando il peso di un quintale su per una scala.

Naturalmente il tempo in cui può essere effettuato il lavoro può variare. Un robusto portatore sarà capace di caricarsi sulle spalle tutti i 100 kg in una volta sola e di salire la scala, portando questo peso, in soli 30 secondi. Egli avrà svolto così il lavoro di 1000 kgm in mezzo minuto. Un uomo piuttosto debole porterà invece soltanto 10 kg per volta e dovrà quindi fare la scala per dieci volte. Inoltre dovrà riposarsi per qualche istante dopo ogni salita, e impiegherà quindi un quarto d'ora per svolgere l'intiero lavoro.

Il lavoro effettuato da questi due uomini è esattamente lo stesso, poichè equivale in entrambi i casi a 1000 kgm.

Il buon senso però ci dice che l'uomo forte, capace di fare il lavoro in mezzo minuto, possiede una potenza muscolare ben superiore a quella dell'uomo debole. Per questa ragione è stato introdotto il concetto di « potenza »; con ciò si intende il lavoro eseguito nell'unità di tempo.

Come unità di tempo si usa in questo caso il secondo; l'unità della potenza è quindi 1 kgm/sec, (1 chilogrammo al secondo). Nella tecnica si calcola invece generalmente col cavallo-vapore (CV). Un cavallo-vapore equivale alla potenza di 75 chilogrammetri al secondo, come è espresso nella fig. 27. Vale pertanto la seguente relazione:

$$1 \text{ CV} = 75 \text{ kgm/sec} \qquad \text{Formula (8)}$$

Domande

1. Con quale unità si misura la potenza?
2. Quale è la formula che permette di trovare la potenza della corrente elettrica?
3. Calcolate la potenza, sapendo che l'intensità di corrente ammonta a 2 ampère e la tensione a 220 volt.
4. Quanti watt o chilowatt corrispondono ad una potenza di 2 CV?

ACUSTICA ED ELETTROACUSTICA

Il suono (Continuazione dalla Dispensa N. 3).

Nella Dispensa N. 3 avete già appreso come si possa ottenere la stessa nota con differenti strumenti musicali, ma che, variando lo strumento, la nota assume un « timbro » ogni volta differente. Vi è pure noto che anche su un

medesimo strumento è possibile produrre una stessa nota ma con « timbri » fra loro differenti: verrà ora spiegato come ciò possa avvenire.

Il timbro dei suoni

Facendo scorrere l'archetto al centro di una corda di un violino, o pizzicandola a metà (fig. 28-*a*) essa produrrà le vibrazioni indicate nella fig. 28-*b* in alto. Supponiamo che le vibrazioni corrispondano alla nota do_3; avremo quindi 258,65 vibrazioni al secondo. Nella fig. 28-*b* in basso a sinistra, è indicata la nota musicale corrispondente a questo do_3.

Nella fig. 29 è visibile il tasto del pianoforte corrispondente ad essa; si tratta della prima nota dell'ottava N. 3.

Non sempre però la stessa corda, pure pizzicata al centro, vibra in modo uniforme per tutta la sua lunghezza come è indicato in alto della fig. 28-*b*. Sovente accade che le due metà della corda vibrino separatamente, come è indicato nella fig. 28-*c*.

Generalmente queste vibrazioni di mezza corda sono sovrapposte alla vibrazione fondamentale compiuta su tutta la lunghezza della corda conforme alla fig. 28-*b*; quest'ultima permane ed è anzi più intensa delle vibrazioni aggiunte.

La nota generata dalle vibrazioni conformi alla fig. 28-*c* richiede 517,3 vibrazioni al secondo; questa frequenza è esattamente doppia di quella della fig. 28-*b*.

La nuova nota è sensibilmente più acuta. Se la nota fondamentale era un do_3, anche la nuova nota è un do, e precisamente il do successivo, ossia il do_4 superiore di una « ottava » al do_3. I musicisti chiamano appunto « ottava » l'intervallo fra il numero di vibrazioni di un *do* e quello del *do* precedente o successivo.

Osservate la fig. 29; vi trovate indicate le varie ottave ed il loro numero d'ordine.

Se la corda sempre pizzicata al centro vibra divisa in tre terzi, la frequenza della vibrazione aumenta ulteriormente e si ottiene di conseguenza una nota più acuta ancora (fig. 28-*d*). La nota qui rappresentata corrisponde ad un numero di vibrazioni al secondo tre volte superiore a quello della nota fondamentale do_3 (fig. 28-*b*). Si tratta in questo caso del sol_4 che corrisponde a 775,95 hertz o vibrazioni al secondo.

Se poi la corda oltre alla vibrazione fondamentale (su tutta la lunghezza), esegue anche vibrazioni dei quattro quarti (fig. 28-*e*), queste corrispondono a 1034,6 hertz e producono la nota do_5.

È anche possibile che la corda vibri divisa in cinque parti, e avremo allora un suono di 1293,26 hertz (fig. 28-*f*); questo sarebbe il mi_5 (vedi fig. 29).

Gli armonici

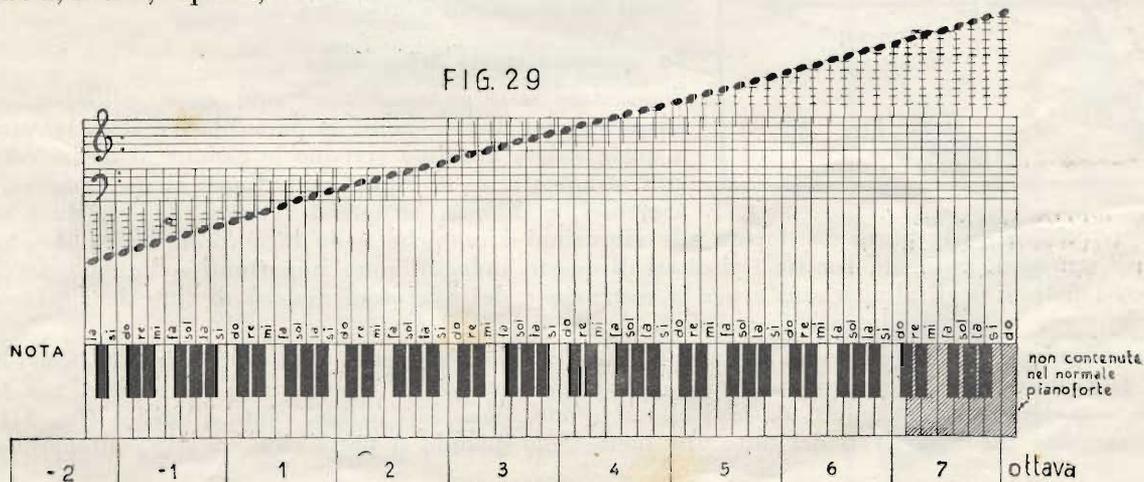
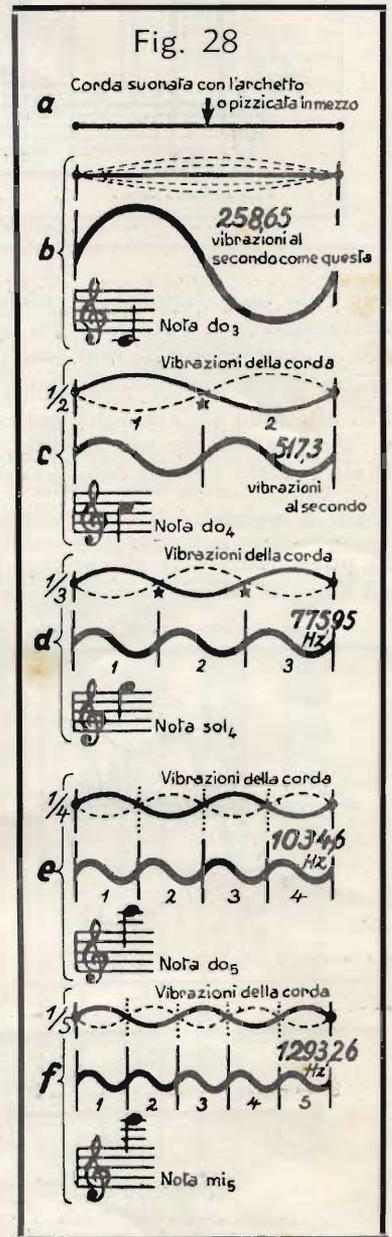
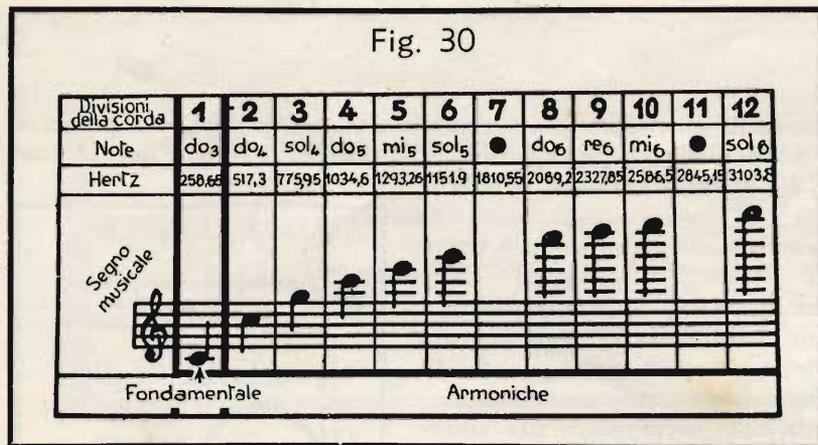
Le vibrazioni che si formano oltre alla « vibrazione fondamentale » (suono fondamentale) si chiamano « v i b r a z i o n i a r m o n i c h e » o « s u o n i a r m o n i c i » o, semplicemente, « armonici ».

Sono gli armonici che determinano il timbro di un suono; ciò venne scoperto per la prima volta dal fisico tedesco Helmholtz, che così espresse tale concetto:

> « Il timbro di un suono è dovuto al fatto che oltre al suono fondamentale sono presenti anche dei suoni armonici ».

Come è stato già detto, una corda può effettuare delle vibrazioni su tutta la sua lunghezza; a queste si possono per di più sovrapporre vibrazioni riguardanti le metà, i terzi, i quarti, ecc. della corda.

Fig. 30

Divisioni della corda	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Note	do_3	do_4	sol_4	do_5	mi_5	sol_5	●	do_6	re_6	mi_6	●	sol_6
Hertz	258,65	517,3	775,95	1034,6	1293,26	1151.9	1810,55	2069,2	2327,85	2586,5	2845,15	3103,8

Nella fig. 30 nella prima riga in alto, sono indicati i numeri possibili di parti in cui possono suddividersi le vibrazioni della corda. Per esempio il numero 1 sta a indicare le vibrazioni della corda quando essa vibra uniformemente per tutta la sua lunghezza, il numero 5 le vibrazioni dei quinti di corda. Nella seconda riga della fig. 30 sono indicate le note corrispondenti alle diverse vibrazioni; nella terza riga si trovano le relative frequenze espresse in hertz; infine nella quarta riga sono riportate le notazioni musicali.

La serie musicale rappresenta nella figura 30, costituita da una nota fondamentale e da vari armonici, si chiama « serie armonica ». Essa si può costituire partendo da qualsiasi altra nota, analogamente a quanto è stato fatto qui partendo dal do_3. Gli armonici 7 e 11 non sono impiegati nella musica; essi si avvicinano, ma non corrispondono, alle note « si bemolle » e « fa diesis », che sono usate in pratica; nella nostra figura sono quindi contraddistinti da un punto.

Più alti sono gli armonici contenuti in un suono, e più esso sembra « stridulo ». In una corda vibrante il suono diventa sempre più stridulo, quanto più si fa scorrere l'archetto o si pizzica la corda vicino alle estremità. D'altra parte i suoni completamente privi di armonici sembrano vuoti e scoloriti.

Nodi e ventri

Si può facilitare la vibrazione di una corda in « parti intiere » (cioè in parti la cui lunghezza moltiplicata per un numero intiero equivale, senza resto, alla lunghezza complessiva della corda), toccando leggermente uno dei punti destinati a diventare un cosiddetto « nodo » della corda, mentre si fa contemporaneamente scorrere su di essa l'archetto (fig. 31). Si chiamano « nodi » quei punti della corda che sono contrassegnati nelle figg. 28-*c* e 28-*d* con un asterisco. L'opposto di questi nodi sono i « ventri », che costituiscono i « monti » e le « valli » delle cosiddette « onde stazionarie » che si formano nelle corde vibranti.

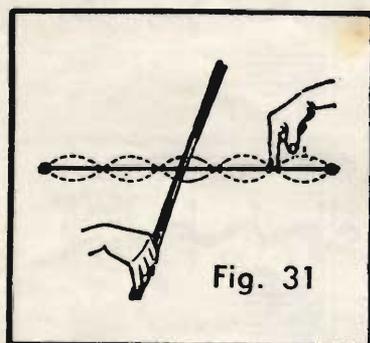



Fig. 31

L'esistenza dei nodi e dei ventri si può dimostrare con facilità collocando sulla corda dei piccoli cavalieri di carta (fig. 32). Pizzicando la corda o strisciandovi l'archetto, nei punti dove si trovano i ventri, queste strisciuole saltano via, mentre invece rimangono appese nei punti dove si trovano i nodi.

Il timbro di un suono non dipende però soltanto dalla quantità degli armonici presenti, ma anche dalla maggiore o minore intensità dei singoli armonici rispetto agli altri.

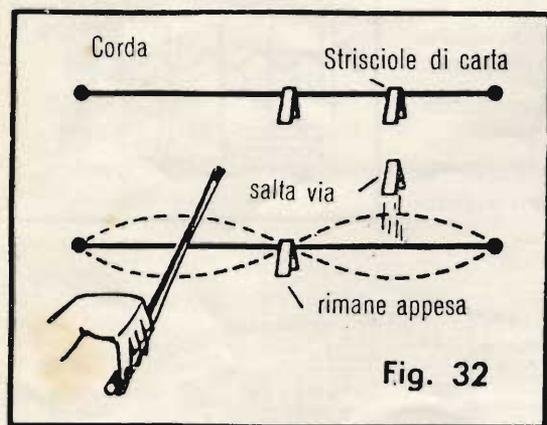



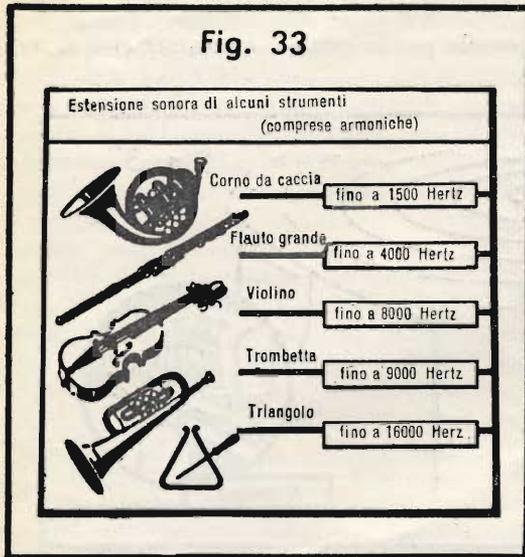
Fig. 32

Negli strumenti musicali i suoni fondamentali arrivano fino a quasi 5000 hertz; le frequenze degli armonici raggiungono invece valori assai elevati. La fig. 33 riporta la gamma di frequenza di alcuni strumenti, comprese le vibrazioni armoniche.

In alcuni strumenti, per esempio nel corno da caccia, il campo dei suoni armonici non supera i 1500 Hz; al contrario esistono strumenti le cui vibrazioni armoniche raggiungono il limite uditivo superiore di 16 000 Hz. Questi sono naturalmente gli strumenti dal suono più « stridulo ».

Le gamme delle frequenze

Sono state fatte indagini assai minuziose sull'estensione delle frequenze dei singoli suoni; in particolare è stato esaminato fino a quale valore massimo arrivino le gamme di frequenza dei singoli strumenti, ossia entro quali limiti siano compresi i suoni armonici, e di quali armonici si tratti. Questi studi hanno lo scopo di determinare quale parte sia dovuta alle vibrazioni armoniche nella formazione del timbro caratteristico dei vari strumenti musicali. Inoltre i risultati di queste indagini sono importanti nella fabbricazione degli apparecchi radio e degli altoparlanti e per la costruzione dei microfoni nonchè di tutte le apparecchiature per la registrazione e la riproduzione fonografica.

È facile comprendere che lo studio dell'estensione delle frequenze dei suoni è di grande importanza particolarmente per la radiotecnica, in quanto è compito dell'altoparlante di un ricevitore di riprodurre, con la massima fedeltà possibile, i suoni prodotti davanti al microfono, siano essi parole, canto o musica (fig. 34). Finora non si è veramente ancora arrivati del tutto alla meta. Solo quando si potrà ricavare dagli altoparlanti, nella

medesima estensione e con la stessa distribuzione di intensità sonora, la gamma delle frequenze impresse al microfono, si potrà parlare di «riproduzione fedele».

I moderni altoparlanti posseggono una gamma delle frequenze già molto estesa; d'altra parte essi non sono però ancora in grado di riprodurre tutti i suoni armonici. Poichè questi sono di importanza eminente per la formazione del timbro dei vari strumenti, nonchè negli effetti orchestrali, non si deve trascurare alcun mezzo che possa permettere di riprodurre in modo adeguato anche gli armonici.

Per la riproduzione della parola volendo ottenere solo una buona comprensibilità, non occorre una gamma di frequenza molto estesa. Anche a questo riguardo sono stati eseguiti numerosi esperimenti, e si è pervenuti alla conclusione che per la trasmissione telefonica della parola sono necessarie soltanto le frequenze fino a 3000 Hz. Quando però il campo delle frequenze viene limitato a 2000 Hz, la comprensibilità della parola resta già molto ridotta (fig. 35).

Fig. 35

D'altra parte aumentando la frequenza a 4780 Hz si ottiene una eccellente comprensibilità, ma i suoni sibilanti rimangono molto ridotti. Per ottenere tutte le finezze del linguaggio è necessaria una gamma di frequenza estesa da 50 ad almeno 10 000 Hz.

Il campo di frequenza dei dischi fonografici non oltrepassa i 15000 Hz, e anche i migliori altoparlanti non sono quasi in grado di riprodurre suoni più alti di 16000 Hz (fig. 36).

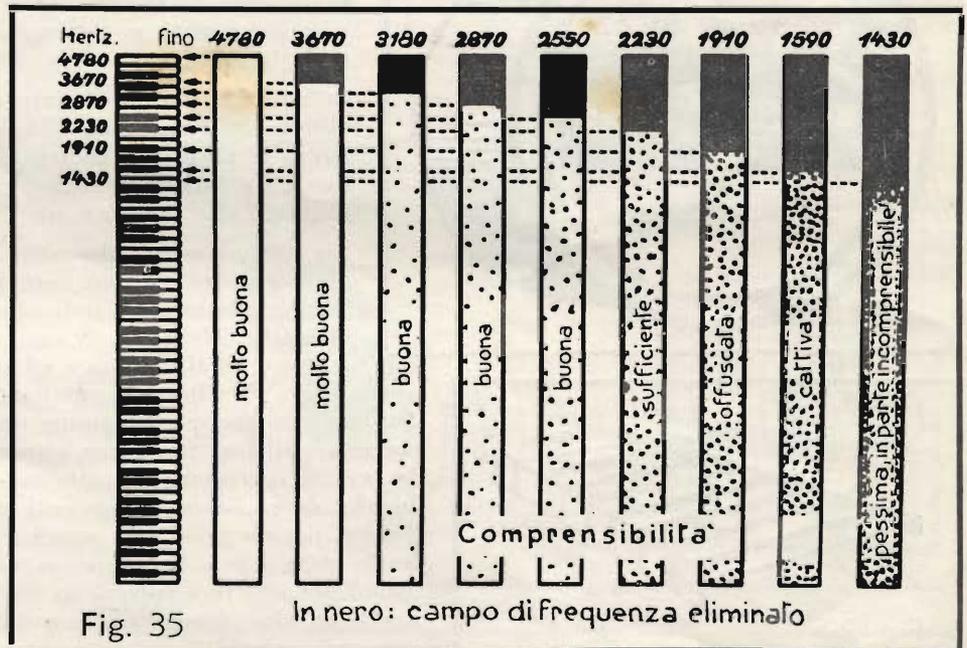
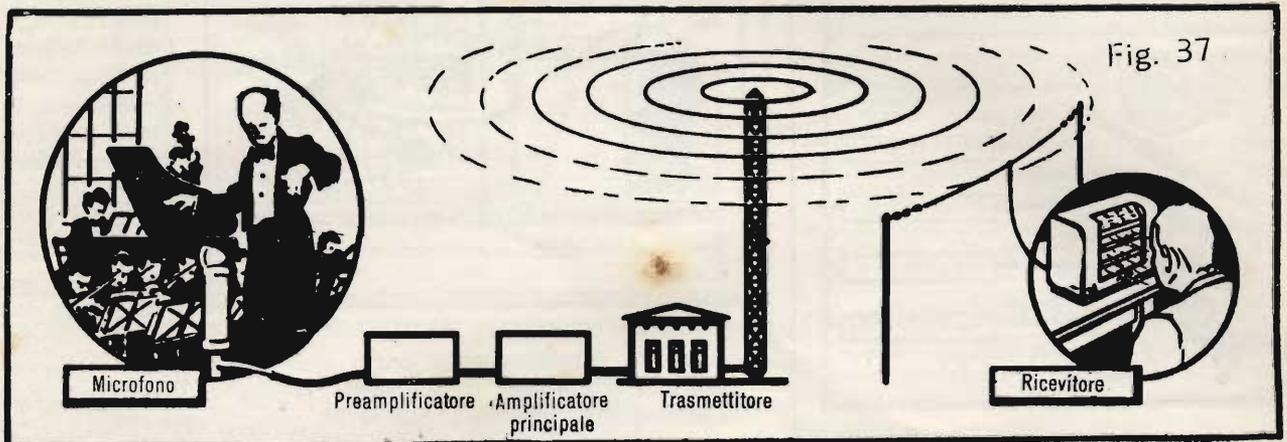
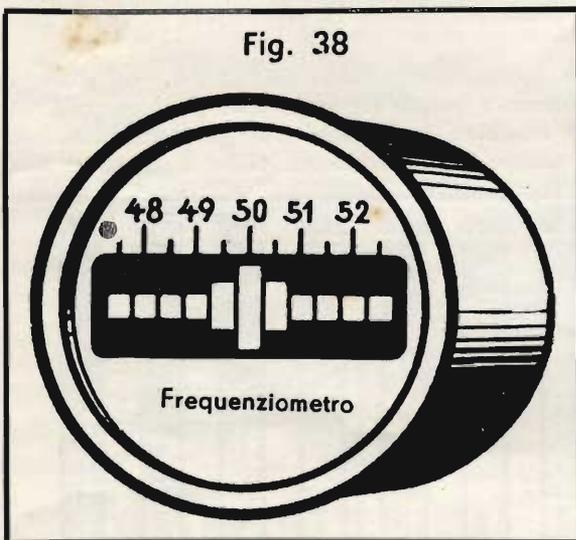
Dopo queste spiegazioni vi potrete rendere conto che la conservazione del carattere dei suoni attuata oggi nelle trasmissioni radio costituisce un risultato assai soddisfacente. Se osserviamo la fig. 37 e consideriamo che tra il microfono nello studio di trasmissione e l'altoparlante dell'apparecchio ricevente, i suoni devono passare attraverso un numero rilevante di strumenti e di apparecchi, dobbiamo convenire che la buona riproduzione della musica, ottenuta con gli odierni apparecchi radio, è un vero miracolo (fig. 37).

A questo proposito va detto fin d'ora che la radio non trasmette in generale che le frequenze inferiori ai 4500 Hz; verranno spiegate in seguito le ragioni di questa limitazione.

L'orecchio umano

In elettrotecnica è usato uno strumento di misura chiamato « frequenziometro » (fig. 38, pag. seguente). Questo strumento permette di controllare la frequenza di certe vibrazioni particolarmente interessanti per gli scopi elettrotecnici. Si tratta specialmente delle frequenze che si aggirano attorno ai 50 hertz, cioè attorno alle 50 vibrazioni al secondo.

Il frequenziometro contiene una serie di lamine di differente lunghezza, con l'estremità posteriore fissata allo strumento e l'estremità anteriore li-

bera di vibrare, ognuna delle quali è accordata con una determinata frequenza.

Quando una lamina viene colpita da vibrazioni di frequenza uguale a quella per la quale è accordata essa si mette a vibrare.

All'estremità libera di ogni lamina si trova una piastrina verticale bianca la quale, quando la lamina vibra, si sposta in su e in giù con lo stesso ritmo delle vibrazioni. Per esempio per la frequenza di 50 Hz vibra soltanto la lamina accordata su 50 Hz e quindi si sposta in su e in giù solo la piastrina corrispondente; le altre lamine restano in riposo, eccetto le lamine immediatamente adiacenti, le quali compiono però delle vibrazioni assai meno marcate. Questo caso è rappresentato nella fig. 38.

Se invece la vibrazione impressa avesse la frequenza di 48 Hz, vibrerebbe fortemente solo la lamina corrispondente a 48 Hz. Sopra le piastrine vibranti si trova una scala, su cui sono indicati i valori di frequenza corrispondenti alle varie piastrine e quindi alle varie lamine.

Lo strumento ora descritto è destinato a misure nel campo elettrotecnico; si può però immaginare uno strumento simile, ma adatto per l'indicazione delle frequenze di vibrazioni acustiche. Nella fig. 39 sono visibili alcune lamine poste l'una a fianco all'altra, fissate ad una estremità e con l'estremità opposta libera di vibrare e munita di una piastrina bianca verticale. Supponiamo che queste lamine siano accordate ognuna con le note successive di una medesima ottava. È chiaro che per ottenere ciò, le lamine corrispondenti alle note più basse dovranno essere più lunghe di quelle corrispondenti alle note alte.

Se ora, per esempio, una persona si mette a suonare con una tromba la nota « re » in vicinanza dell'apparecchio, la lamina corrispondente al « re » entrerà in vibrazione (fig. 40). È in giuoco qui anche un altro fenomeno, la cosiddetta « risonanza », di cui parleremo più avanti.

Se invece il trombettiere suona un « sol », si metterà a vibrare la lamina corrispondente al « sol », mentre le altre rimarranno ferme (fig. 41).

Nel funzionamento del frequenziometro elettrico di cui abbiamo già parlato, abbiamo una corrente elettrica che, passando nello strumento provoca la vibrazione di quella lamina che ne indica la frequenza.

Possiamo però anche immaginare uno strumento che funzioni secondo un procedimento inverso, nel quale, cioè, provocando la vibrazione di una lamina questa generasse una corrente elettrica di corrispondenti caratteristiche di frequenza.

Un sistema simile, ma immensamente più perfezionato, è attuato nell'orecchio umano. La fig. 42 può dare una idea della complessità della apparecchiatura nervosa del nostro organo dell'udito. Essa è costituita come quella di un frequenziometro dove invece delle lamine vi sono delle numerosissime e sensibilissime fibre nervose, ognuna delle quali è accordata su una determinata frequenza.

Malgrado l'estrema piccolezza del complesso, l'orecchio umano contiene una ricca « tastiera » di circa 24 000 fibre nervose; ciascuna fibra risponde solo ad un'unica nota di ben determinata frequenza. Attraverso ai fasci nervosi le sensazioni di ogni singola frequenza pervengono al cervello, ove si forma l'impressione uditiva. Le 24 000 fibre nervose sopra menzionate sono contenute in una specie di chiocciola riempita di liquido.

Quando noi percepiamo un suono, ciò è dovuto al fatto che un'onda sonora, partendo dal punto di origine, arriva a colpire il nostro orecchio. Qui l'onda sonora incontra dapprima una specie di « corno acustico », cioè un raccoglitore del suono che, se necessario, può venire ingrandito appoggiando ad esso la mano; si tratta del « padiglione » dell'orecchio (fig. 43).

Il padiglione convoglia le onde sonore al condotto uditivo esterno, lungo solo pochi centimetri. L'« orecchio esterno » è separato dall'adiacente « orecchio medio » da una membrana sottile e delicata, il cosiddetto « timpano ». La cavità situata dietro al timpano, detta « cava del timpano », è in comunicazione con la faringe, e quindi con la bocca, attraverso un canale detto « tromba di Eustachio ». Nella cavità del timpano sono disposti, a mo' di leve, tre ossicini somiglianti rispettivamente ad un martello, una incudine, una staffa, e chiamati di conseguenza in tal modo (fig. 44). Il primo di questi ossicini uditivi, il « martello », tocca il timpano nello stesso modo come la piccola leva di trasmissione delle vibrazioni è collegata alla membrana di un grammofono. La piastra della staffa costituisce invece il collegamento con l'orecchio interno e la delicata apparecchiatura nervosa in esso contenuta.

Le vibrazioni sonore, che colpiscono il timpano e lo fanno vibrare, vengono trasmesse dalla catena di ossicini, sopra menzionati, all'orecchio interno. Qui, nella cosiddetta « chiocciola », il liquido già citato subisce le medesime vibrazioni, che vengono impresse in tal modo anche alle piccole fibre nervose. Ad ogni frequenza rispondono però solamente quelle fibre che sono accordate con essa.

Nella fig. 44, nella parte in alto, è rappresentato l'orecchio umano. Nella parte inferiore del disegno i dispositivi dell'organo uditivo sono stati « tradotti in linguaggio tecnico ». Il padiglione è qui sostituito da un corno acustico, al quale fa seguito la camera contenente il dispositivo meccanico di trasmissione (cioè l'orecchio medio). L'orecchio interno è rimpiazzato da un dispositivo elettrico di ripresa del suono, paragonabile al cosiddetto « pick-up » di un grammofono. In luogo dei fasci nervosi che collegano l'orecchio umano al cervello, si trova nel nostro orecchio di paragone un frequenziometro, che segnala le vibrazioni sonore e le trasmette sotto forma di vibrazioni elettriche attraverso una linea.

Dopo quanto vi è stato detto comprenderete senz'altro come mai le persone che abbiano i timpani lacerati non divengano completamente sorde per questo. Nel loro caso infatti le onde sonore penetrano direttamente nell'orecchio medio, facendo vibrare gli ossicini uditivi al solito modo.

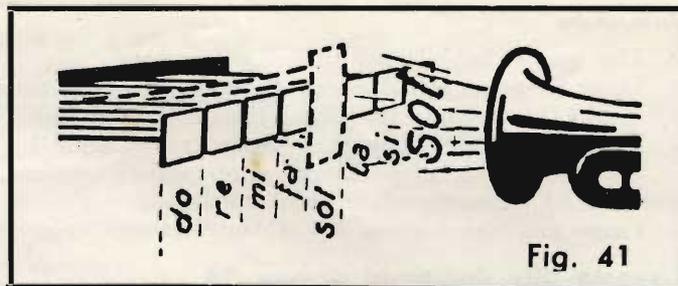



Fig. 41

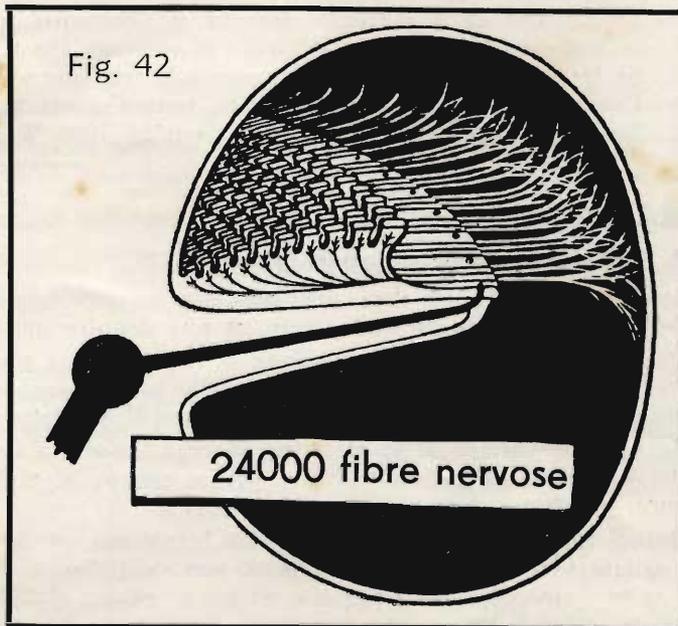



Fig. 42

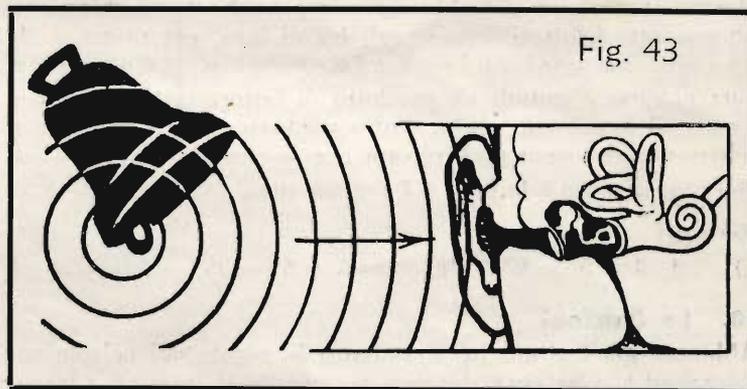



Fig. 43

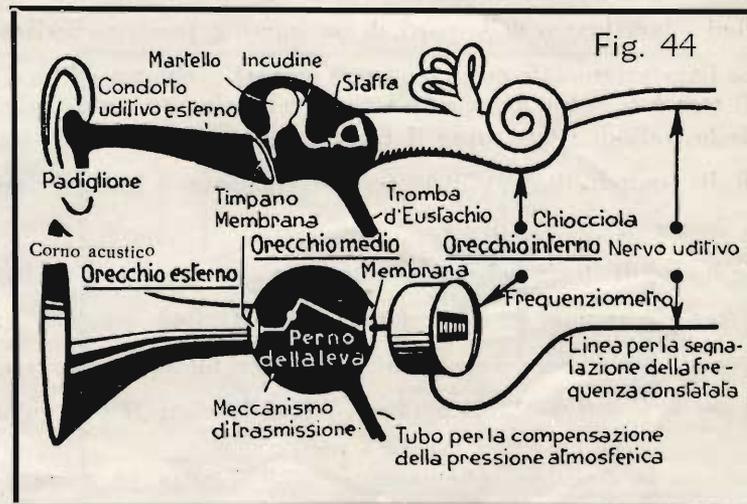



Fig. 44

Domande

1. Che cosa si intende per timbro di un suono?
2. Come si spiega la differenza di timbro fra note uguali prodotte da diversi strumenti musicali?
3. Qual'è la massima frequenza riprodotta dai buoni altoparlanti?
4. Qual'è in genere l'estensione della gamma delle frequenze acustiche nelle stazioni radio?
5. Quante fibre nervose contiene approssimativamente l'orecchio umano?
6. Come si chiamano gli ossicini uditivi?
7. Come mai una persona cui si sono lacerati i timpani può ancora udire?

Risposte alle domande di pag. 14

1. La potenza si indica in watt o chilowatt.
2. La potenza della corrente elettrica si determina in base alla formula: $P = V \cdot I$, ossia potenza (in watt) = tensione (in volt) per intensità di corrente (in ampère).
3. Se la corrente equivale a 2 ampère e la tensione a 220 volt, la potenza è: $P = V \cdot I = 220 \cdot 2 =$ *440 watt.*
4. Poichè 1 CV è uguale a 736 watt, naturalmente una potenza di 2 CV corrisponde a $2 \cdot 736 = 1472$ watt. Inoltre 1472 watt sono 1,472 kW, poichè 1000 W = 1 kW.

MATEMATICA

9. L'elevazione a potenza

Apprenderete ora un'altra operazione aritmetica molto importante, la « elevazione a potenza » dei numeri, che, in un certo senso, si può definire una « moltiplicazione abbreviata ».

Dovendo eseguire la moltiplicazione $a \cdot a$ otterremo come risultato aa e così abbiamo $a \cdot a \cdot a = aaa$. Poichè accade sovente di dovere effettuare delle moltiplicazioni dove i fattori sono tutti eguali fra di loro, si è stabilito un sistema più comodo per indicare il prodotto che ne risulta.

Ad esempio, invece di aa si scrive a^2, cioè, in alto a destra del fattore considerato si indica il numero di volte che esso deve essere moltiplicato per se stesso; a^2 si legge « a alla seconda potenza » o « a al quadrato » oppure, più comunemente, « a alla seconda ».

Quindi invece di aaa scriveremo a^3 e leggeremo « a al cubo » o « a alla terza ».

Vogliate però ricordare bene che a^3 non vuol dire « a moltiplicato 3 » ma bensì a moltiplicato per se stesso 3 volte » cioè, « a per a per a ».

Altri esempi sono: $x \cdot x \cdot x \cdot x \cdot x = x^5$; $8 \cdot 8 \cdot 8 \cdot 8 = 8^4$.

Questa operazione che abbiamo ora considerata si chiama « elevazione a potenza ». Quando in un prodotto i fattori sono uguali fra di loro, per ottenere il risultato non si effettua una moltiplicazione ma una « elevazione a potenza ». a^2, a^3, a^5 sono potenze di a.

Una potenza è quindi un prodotto di fattori tutti uguali fra di loro; il fattore che si ripete si chiama « base », il numero in alto a destra si chiama « esponente » e indica il numero di volte per il quale la « base » deve essere moltiplicata per se stessa.

Nel caso di a^3, a è la base e 3 l'esponente.

Esempi:

1) $3 \cdot 3 = 3^2 = 9$ 2) $5 \cdot 5 = 5^2 = 25$ 33) $4 \cdot 4 \cdot 4 = 4^3 = 64$ 4) $2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 2^5 = 32$

10. Le frazioni

Abbiamo già trattato in precedenza le regole del calcolo con i numeri decimali. Ora vogliamo occuparci delle « frazioni ». Che cosa significa veramente il termine « frazione »? Esso deriva da « frangere » che significa « spezzare » o frazionare: suddividere cioè una cosa intera in varie parti. Se diciamo « un decimo », « tre decimi » indichiamo delle parti di un intero e possiamo scrivere queste « frazioni » nel modo seguente: $\frac{1}{10}$; $\frac{3}{10}$.

La linea orizzontale posta fra i due numeri si chiama « linea di frazione », il numero che sta sopra di essa è il « numeratore » quello che sta sotto « denominatore ».

Nelle frazioni citate sopra il denominatore è 10. Tutte le frazioni in cui il denominatore è 10 o una potenza di 10 (quindi 10, 100, 1000 ecc.) si chiamano « frazioni decimali ». In luogo di $\frac{1}{10}$ si può scrivere anche 0,1. e, invece di $\frac{3}{10}$, 0,3.

Se invece di 10 c'è nel denominatore un altro numero qualsiasi (per esempio nella frazione $\frac{3}{4}$), abbiamo una « frazione comune ». Ecco quindi delle frazioni comuni: $\frac{1}{2}$; $\frac{3}{8}$; $\frac{7}{16}$; $\frac{9}{2}$ ecc.

Quando un numero deve essere diviso per un altro, si ottiene sempre una frazione. Dovendo p. es. dividere 4 per 5, si scrive: $4 : 5$ oppure $\frac{4}{5}$. Una frazione si può quindi considerare una divisione non eseguita; se eseguiamo la divisione, otteniamo $\frac{4}{5} = 0{,}8$, ossia un numero decimale. Ne deriva quindi che una frazione

si trasforma in numero decimale, eseguendo la divisione fra il suo numeratore ed il denominatore.

Se il numeratore di una frazione è maggiore del denominatore (come nell'esempio citato $\frac{9}{2}$), il valore della frazione è superiore alla unità, ossia a 1. Ciò è evidente se eseguiamo la divisione: $\frac{9}{2} = 9 : 2 = 4{,}5$. Queste frazioni in cui il numeratore è più grande del denominatore si chiamano « frazioni improprie ». Le frazioni in cui il numeratore è più piccolo del denominatore sono « frazioni proprie ».

Esempi: Si trasformino le seguenti frazioni in numeri decimali:

1) $\frac{7}{4} = 7 : 4 = 1{,}75$ 2) $\frac{4}{3} = 4 : 3 = 1{,}333...$ frazioni improprie

3) $\frac{1}{5} = 1 : 5 = 0{,}2$ 4) $\frac{4}{25} = 4 : 25 = 0{,}16$ 5) $\frac{2}{3} = 2 : 3 = 0{,}666...$ frazioni proprie

Nei risultati 1,333... e 0,666... i puntini significano che questi numeri decimali sono infinitamente lunghi. In luogo dei punti dovremmo veramente scrivere infinite volte 3 oppure 6. Ma poichè nel caso 1,333, il terzo 3 dopo la virgola non rappresenta che $\frac{3}{1000}$, e il quarto 3 solamente $\frac{3}{10\,000}$, si scrivono di solito solo pochi decimali dopo la virgola e si tralasciano i puntini; ci si regola in proposito secondo la approssimazione richiesta. Spesso basta per esempio scrivere 0,67 in luogo di 0,666...

Esempi:
Si trasformino in frazioni comuni i seguenti numeri decimali:

1) $0{,}3 = \frac{3}{10}$ 2) $0{,}2 = \frac{2}{10} = \frac{1}{5}$ 3) $0{,}25 = \frac{25}{100} = \frac{1}{4}$ 4) $1{,}5 = 1\frac{5}{10} = 1\frac{1}{2} = \frac{3}{2}$

Risposte alle domande di pag. 11

1. Nella radiotecnica entrano in considerazione le seguenti gamme d'onda: quella delle onde lunghe, comprese tra 10 000 e 1000 m; quella delle onde medie, comprese tra 1000 e 100 m; quella delle onde corte comprese tra 100 e 10 metri e quella delle onde ultracorte comprese tra 10 e 1 m.
2. Un'onda lunga 1000 m ha la frequenza di $\frac{300\,000\,000}{1000} = 300\,000\ Hz = 300$ chilohertz (300 kHz).
3. La frequenza di 3000 kHz = 3 000 000 Hz corrisponde alla lunghezza d'onda di $\frac{300\,000\,000}{3\,000\,000} = 100$ m
4. L'intervallo che deve essere rispettato tra le frequenze delle stazioni radio trasmittenti non deve essere inferiore a 9 kHz.

TECNICA DELLE MISURE

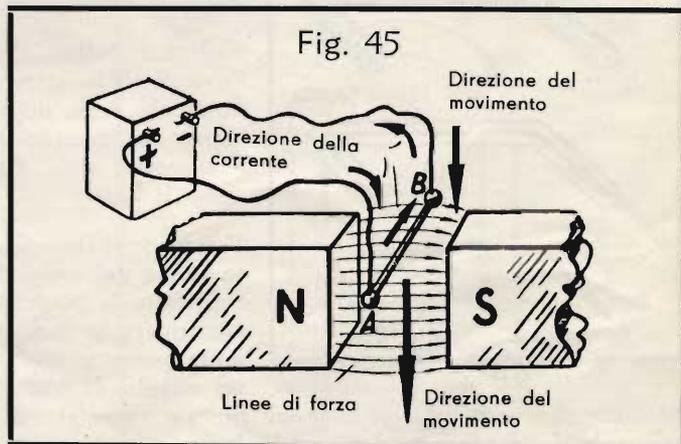
Gli strumenti a bobina

Nella Dispensa N. 3 vi abbiamo descritto gli strumenti di misura a « ferro mobile ». Essi però non sono molto esatti e quindi per misure di precisione si usano invece strumenti a « bobina mobile » dei quali ci occuperemo ora.

Il funzionamento di tali strumenti è basato sul principio della reciproca repulsione che si manifesta fra il campo magnetico di una bobina percorsa da corrente e quello di un magnete permanente ove essa sia collocata. Già vi è nota l'esistenza dell'attrazione e della repulsione reciproca dei campi magnetici, ma ne avrete un nuovo esempio osservando la figura 45.

Abbiamo qui un tratto di conduttore *A-B* percorso dalla corrente erogata da una batteria, il quale si trova nel campo magnetico di una potente calamita. Con questa disposizione osserviamo che quando il tratto di conduttore è percorso dalla corrente esso tende a muoversi e ad uscire dal campo magnetico della calamita.

Se la corrente percorre il conduttore dall'avanti all'indietro, cioè nel senso da *A* verso *B* come è indicato nella figura, e i poli della calamita si trovano rispettivamente il nord a sinistra e il sud a destra, il conduttore si sposterà verso il basso. Se invertiamo il collegamento del conduttore alla pila in modo che la corrente circoli in senso contrario al precedente, si invertirà anche il senso di movimento del conduttore che si muoverà allora verso l'alto.

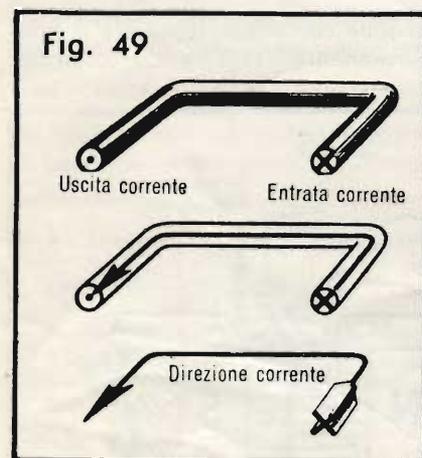
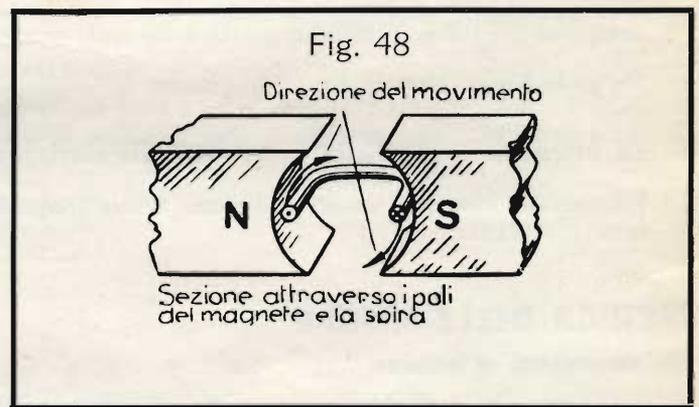
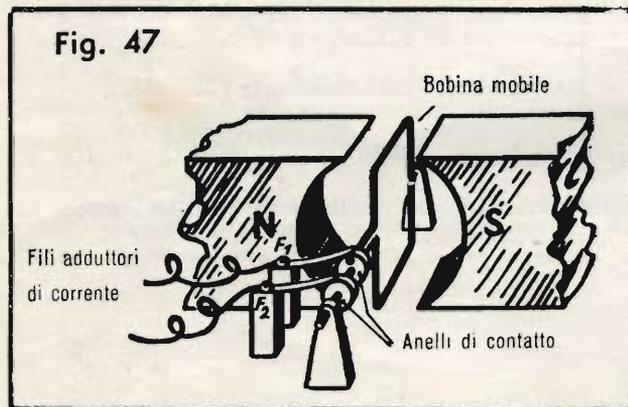
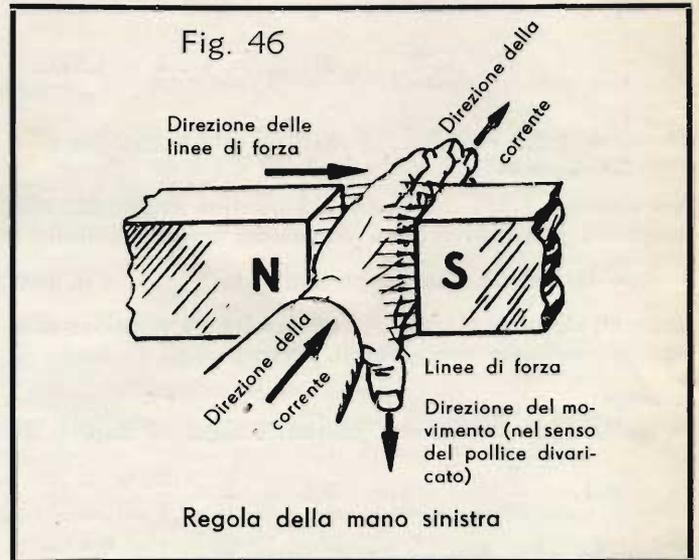
Fig. 45

Come abbiamo detto la causa che provoca questo movimento è da ricercare nella influenza reciproca di due campi di forza e cioè del campo della calamita con il campo magnetico che si forma attorno al conduttore quando esso è percorso dalla corrente della pila.

La regola della mano sinistra

Con l'aiuto di una regola facile da ricordare, la cosiddetta «regola della mano sinistra», si può determinare senz'altro la direzione del movimento del tratto di conduttore. La regola dice:

Disponendo la mano sinistra in modo che le linee di forza magnetiche entrino in essa dal palmo e ne escano dal dorso, e che le punte delle dita segnino nella direzione della corrente passante nel conduttore, il pollice, divaricato, indicherà la direzione di spostamento del tratto di conduttore (fig. 46).

Regola della mano sinistra

In luogo di un semplice tratto di conduttore possiamo anche immaginare, di mettere tra i due poli della calamita, una spira piana fissata su di un albero girevole in modo che essa possa compiere un movimento rotativo (fig. 47).
Perchè la spira possa ricevere la corrente anche durante il suo movimento, i suoi estremi sono collegati a due anelli collettori fissati sull'albero e sopra i quali strisciano due lamine di contatto a loro volta in collegamento con i poli di una batteria.
Nella fig. 48 si vede una sezione trasversale della calamita e della spira piana. La corrente entra nella spira da destra e ne esce da sinistra. Nella fig. 49 è spiegato il significato dei segni convenzionali usati per indicare il senso nel quale circola la corrente: la crocetta sta ad indicare l'entrata della corrente e il punto la sua uscita dalla spira.

Vediamo quindi che nella metà destra della spira la corrente scorre dall'avanti all'indietro e nella metà sinistra dall'indietro in avanti. Applicando la regola della mano sinistra per ognuna delle due metà della spira, rileviamo che quando la spira è percorsa da corrente, la sua parte destra tende a spostarsi verso l'alto, mentre la parte sinistra tende invece a spostarsi verso il basso.

Poichè però la spira è fissata ad un albero girevole essa allora ruoterà su se stessa nel senso indicato dalle frecce nella fig. 48. Quando la spira ha raggiunto la posizione verticale rappresentata nella fig. 50, essa non potrà continuare la sua rotazione a meno che non si inverta il senso di passaggio della corrente; in questo caso la spira compirà una ulteriore rotazione per un angolo di 180° cioè sino a trovarsi nuovamente in posizione verticale.
Notiamo che perchè la spira possa ruotare su se stessa in modo continuo, è necessario invertire il senso di passaggio della corrente ogni qualvolta essa raggiunga la posizione verticale.

Con l'impiego di particolari dispositivi che non è qui il caso di descrivere, è possibile avere nei momenti adatti la inversione del senso di circolazione della corrente nella spira, ottenendo così un vero e proprio piccolo motore elettrico. Naturalmente la potenza del moto rotativo di questo motore aumenterà se invece di una spira sola ne useremo parecchie in quanto la forza che agisce sopra una di esse risulterebbe moltiplicata per tante volte quante sono le spire impiegate.

Fig. 50

Movimento = 0 (riposo)

La costruzione degli strumenti a bobina mobile

Gli stessi fenomeni che abbiamo ora considerati si verificano anche se invece di impiegare una spira singola, collochiamo nel campo magnetico di una calamita una «bobina» formata da più spire.

Così come ruotava la spira singola, ruoterà e con maggiore forza la bobina ed è su questo principio che si basa il funzionamento degli strumenti di misura a « bobina mobile » dei cui particolari costruttivi tratteremo ora iniziando da un amperometro del tipo più comunemente usato rappresentato nella fig. 51.

In essa si scorgono i poli N e S della calamita, con le espansioni polari contrassegnate con P. Fra le espansioni polari si trova una bobina girevole attorno ad un asse, ossia la « bobina mobile » che ha dato il nome allo strumento. Un nucleo di ferro E, situato in mezzo ai poli, facilita il passaggio delle linee di forza del magnete, che incontrano nel ferro una minore resistenza; questo nucleo però non è mobile.

La bobina mobile, avvolta quasi sempre su di un telaietto d'alluminio, gira nel « traferro » che è quella stretta feritoia compresa tra le espansioni polari ed il nucleo. La corrente viene addotta alla bobina attraverso due molle a spirale F, facilmente riconoscibili nella fig. 51. Un indice, solidale con l'asse della bobina, si sposta davanti alla scala graduata dello strumento.

L'ampiezza della deviazione dell'indice dipende dall'intensità della corrente che passa nella bobina mobile. Più intensa è la corrente, e più la bobina viene spostata dalla sua posizione di riposo. L'escursione dell'indice, solidale con la bobina, corrisponde quindi esattamente all'intensità della corrente che circola nella bobina; in altre parole: tra la corrente e l'escursione dell'indice sussiste una relazione ben determinata. Lo spostamento dell'indice aumenta uniformemente, quando l'intensità di corrente cresce in modo uniforme. Diciamo in questo caso che l'escursione dell'indice è proporzionale alla corrente. È quindi assai facile graduare la scala di uno strumento a bobina mobile.

Le distanze tra i punti della scala corrispondenti a 1 ampère, 2 ampère, 3 ampère ecc. in questo tipo di strumento sono qui tutte uguali (fig. 52), a differenza di quanto si riscontra negli strumenti a ferro mobile, nei quali queste distanze non sono sempre uguali ma possono rimanere compresse all'inizio ed alla fine della scala, e in parte anche allargate. Il telaietto di alluminio sopra menzionato, sul quale sono avvolte le spire della bobina, serve ad ottenere un buon smorzamento; infatti si formano nell'alluminio delle cosiddette « correnti di Foucault » o correnti vorticose che hanno un effetto frenante. Di ciò verrà trattato in seguito.

Fig. 51

Bobina mobile

Fig. 52

Bobina mobile

La direzione dello spostamento dell'indice dipende dalla direzione con la quale la corrente circola nella bobina; infatti, a differenza degli strumenti a ferro mobile, qui non si impiega un elettromagnete ma un magnete permanente che mantiene sempre la stessa polarità anche quando viene invertito il senso della corrente.

Per questo motivo bisogna tenere presente che gli strumenti a bobina mobile possono essere impiegati solo per effettuare misurazioni che riguardino la corrente continua.

Inserendo in un circuito uno strumento a bobina mobile bisogna quindi tenere conto della polarità della corrente continua che si desidera misurare e collegare il polo positivo e quello negativo dello strumento, rispettivamente con il polo positivo e quello negativo del circuito. Se lo strumento viene inserito in modo sbagliato, l'indice tenderà pure esso a muoversi in senso errato.

Lo strumento rappresentato nella fig. 51 è però costruito in modo che la posizione di riposo dell'indice corrisponda alla

Fig. 53 Fig. 54

metà della scala (« zero centrale »). In questo caso la polarità è naturalmente priva d'importanza, dato che l'indice si può spostare in entrambi i sensi. È logico che uno strumento di questo genere possa servire anche a determinare la direzione della corrente in un circuito a corrente continua.

Nella maggior parte dei casi gli strumenti a bobina mobile sono però costruiti conformemente alla fig. 52, cioè con l'indice che può spostarsi in una sola direzione. Bisogna allora collegare sempre il polo positivo dello strumento col polo positivo del circuito.

Le figg. 53 e 54 mostrano due esecuzioni molto comuni di misuratori di corrente a bobina mobile. I morsetti di allacciamento si trovano posteriormente e sono quindi invisibili. La fig. 53 riporta un normale amperometro per correnti fino a 10 ampère, mentre nella fig. 54 si vede un milliamperometro, per correnti fino a 50 milliampère, ossia fino a 0,05 ampère (1 mA = 0,001 A).

Come vedrete in seguito, i milliamperometri hanno una grande importanza nella tecnica delle telecomunicazioni. Lo strumento della fig. 53 è provvisto di una cosiddetta custodia sporgente e viene quindi montato sopra una parete o un qualsiasi apparecchio, mentre l'esecuzione della fig. 54 è munita di custodia da incasso, e viene quindi incassata nei quadri di controllo.

Risposte alle domande di pag. 20

1. Si chiama « timbro » la particolare caratteristica sonora che distingue una medesima nota emessa da strumenti diversi.
2. Il « timbro » differente assunto da una stessa nota a seconda dello strumento da cui essa è prodotta, è dovuto al fatto che ogni suono musicale è composto oltre che di una nota fondamentale, eguale per tutti gli strumenti, anche di un certo numero di « armonici » che varia di strumento in strumento. Variando il numero degli armonici varia quindi anche il timbro della nota.
3. I buoni altoparlanti arrivano a riprodurre le frequenze acustiche sino a 8000 Hz.
4. La gamma delle frequenze acustiche impiegate nella radio trasmissione del suono comprende generalmente 4500 hertz.
5. L'orecchio umano possiede circa 24 000 fibre nervose.
6. Gli ossicini uditivi si chiamano: « martello », « incudine » e « staffa ».
7. Una persona a cui siano stati lacerati i timpani puo udire ugualmente, perchè anche mancando il timpano le onde sonore pervengono attraverso il condotto uditivo esterno direttamente nell'orecchio medio e provocano al solito modo la vibrazione degli ossicini uditivi.

COMPITI

1. Quali lunghezze d'onda radio sono comprese nella gamma delle onde medie?
2. Qual'è la frequenza di un'onda radio lunga 3000 m?
3. Qual'è la lunghezza di un'onda radio della frequenza di 10 000 Hz?
4. Qual'è l'intensità di corrente in un circuito, nel quale la potenza ammonta a 2,2 chilowatt e la tensione a 220 volt?
5. Quanti chilowatt corrispondono alla potenza di 22,08 CV?
6. Quando è che il suono emesso da uno strumento ha un timbro particolarmente stridulo?
7. Come si chiama il campo di frequenza delle vibrazioni udibili?
8. Per quale ragione si trovano in esercizio stazioni radio sincronizzate?
9. In quale senso ruoterà la spira disegnata qui accanto quando essa sarà percorsa da corrente?

10. Su quale principio si basa il funzionamento di un relé e per quale scopo esso viene normalmente usato?
11. Per quale ragione con gli strumenti a bobina mobile si possono misurare soltanto correnti (o tensioni) continue?

FORMULE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 4

DISPENSA N°. 5

CORSO DI TECNICA DELLE

TELECOMUNICAZIONI

IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA

ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 5

FORMULE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 5

C O R S O   D I   T E C N I C A   D E L L E

TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA | **Dispensa N. 5**

RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

Nell'ultima Dispensa avete conosciuto per prima cosa gli impianti di chiamata luminosa. In questi impianti non si fa uso di suonerie, ossia di segnalazioni acustiche, bensì di segnali luminosi (segnalazione ottica). I segnali luminosi sono silenziosi e non arrecano disturbo, cosa importante soprattutto per gli ospedali e gli alberghi. Vi venne poi spiegato il funzionamento degli impianti di chiamata luminosa.

In un capitolo dedicato alla « Elettrotecnica generale » vennero di nuovo illustrate ampiamente le relazioni che intercorrono tra l'intensità di corrente, la tensione e la resistenza, quindi la legge di Ohm. Questa legge è molto importante per comprendere i fenomeni elettrici e determinare il funzionamento degli apparecchi elettrotecnici. La formula che descrive la legge di Ohm è:

$$I = \frac{V}{R}$$

dove I significa l'intensità di corrente, V la tensione ed R la resistenza. Questa formula si può trasformare, ottenendo per la tensione $V = R \cdot I$ e per la resistenza $R = \frac{V}{I}$.

Per ricordarsi la legge di Ohm, basta pensare alla parola « vir », ossia $V = I \cdot R$; tensione = corrente per resistenza.

Procedendo nello studio, avete conosciuto quali siano le varie gamme d'onde utilizzate nella radiotecnica e avete appreso che le lunghezze d'onda si misurano in metri e le frequenze in hertz (rispettivamente chilohertz). La cognizione dell'« intervallo di frequenza » vi ha fatto apprendere i principii che regolano l'assegnazione della lunghezza d'onda alle varie stazioni radiotrasmittenti; avete inoltre appreso l'esistenza delle stazioni sincronizzate.

Per poter giudicare la potenza di trasmissione di una stazione radio è stato spiegato il concetto della *potenza elettrica*. Esso è descritto con la formula $P = V \cdot I$ in modo certamente del tutto chiaro; d'altra parte anche la relazione esistente tra la potenza elettrica e quella meccanica non presenta particolari difficoltà di comprensione.

La radiotecnica, come certo già sapevate, è tutta basata sull'acustica e sull'elettroacustica. Vi saranno quindi apparse interessanti le spiegazioni sul timbro dei suoni,la formazione degli armonici e l'estensione della gamma delle frequenze acustiche. Per mezzo del paragone con l'orecchio umano è stata spiegata la conformazione dell'« orecchio tecnico ».

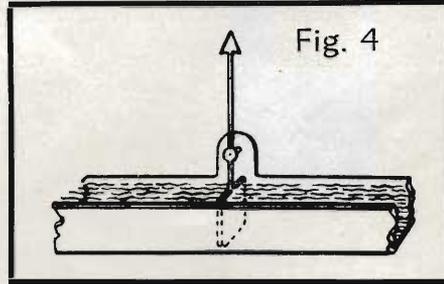
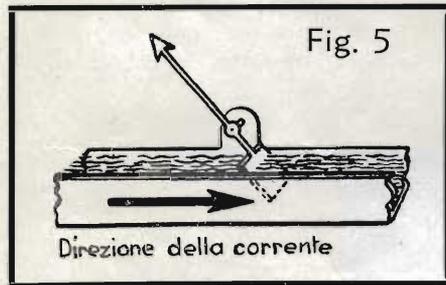
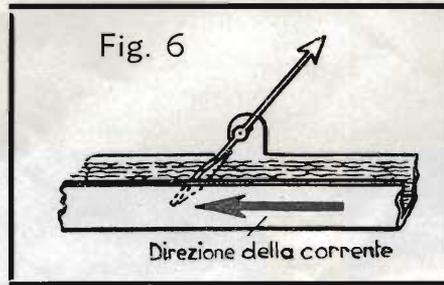
Nel capitolo sulla « Tecnica delle misure » sono stati descritti il funzionamento e la costruzione degli strumenti a bobina mobile. Questi strumenti, come è stato rilevato esplicitamente, servono solo per misurare l'intensità e la tensione di *correnti continue*.

Questo, in brevi tratti, è il contenuto della Dispensa N. 4, da voi appena studiata. Anche a questo punto è bene ribadire l'ammonimento di ripetere diligentemente la materia appresa nella quarta Dispensa, prima di proseguire nello studio.

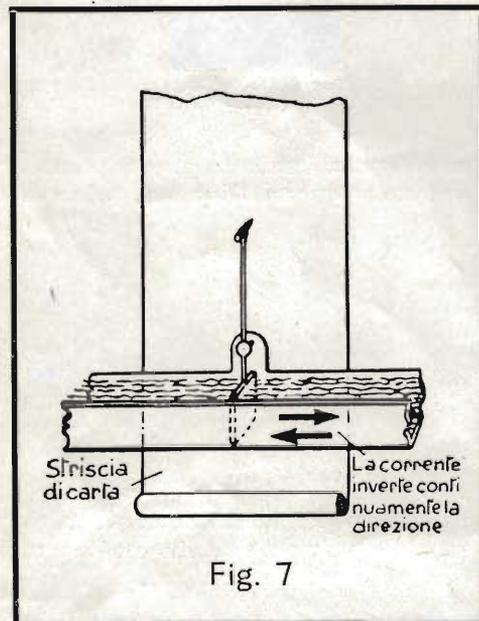
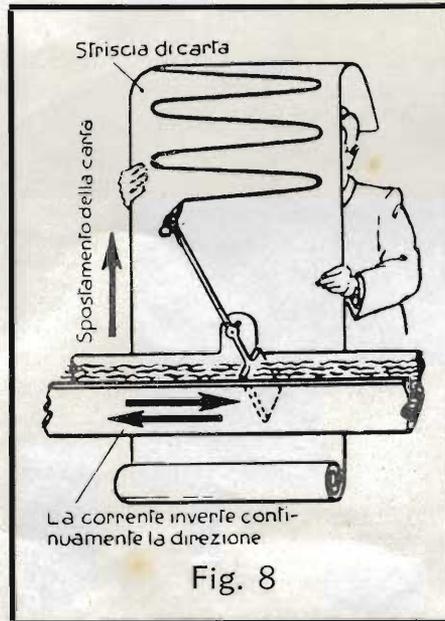
ELETTROTECNICA GENERALE

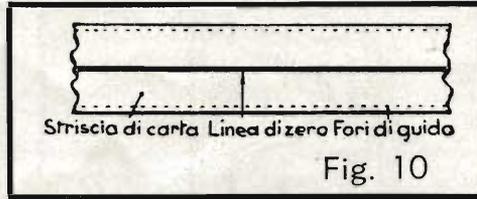
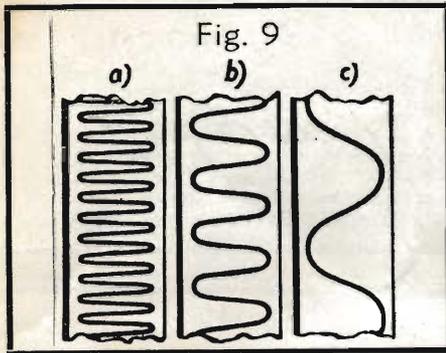
La corrente alternata

Nella Dispensa N. 1 è stato descritto un campanello elettrico che viene alimentato per mezzo di una batteria o anche di una semplice pila. Come già sapete, le pile e le batterie erogano *corrente continua*. Esistono però anche campanelli e suonerie adatti per funzionare a *corrente alternata*.

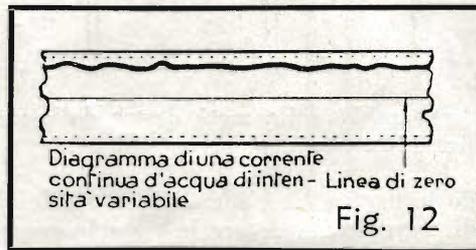
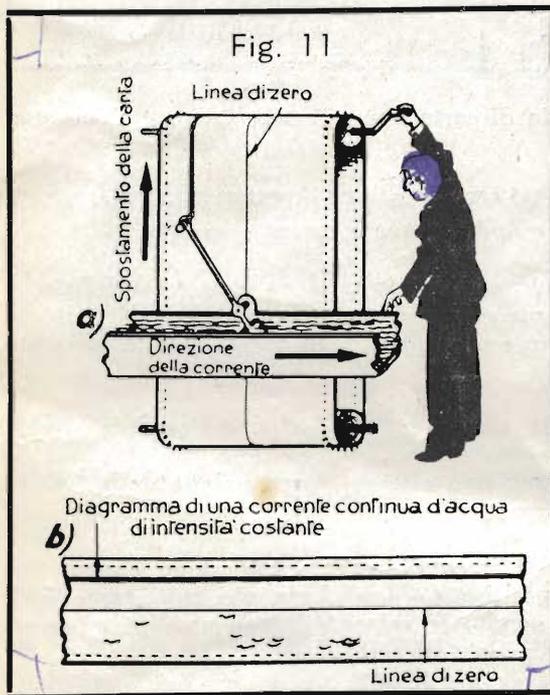
Prima di descrivere più dettagliatamente le suonerie a corrente alternata, è necessario definire che cosa si intenda per corrente alternata. Serve a questo scopo ancora una volta il paragone con l'acqua.

Sino ad ora parlando di corrente elettrica ci siamo sempre riferiti a una corrente che scorre sempre con la medesima intensità e con la stessa direzione. Abbiamo allora potuto trovare paragoni di ogni genere con la corrente d'acqua, ma si trattava sempre di corrente che circolava con uguale intensità ed unica direzione e che viene quindi chiamata « corrente continua » o, con una definizione più moderna, «corrente costante».

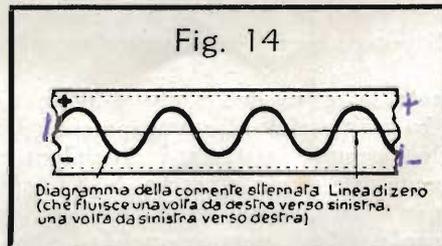
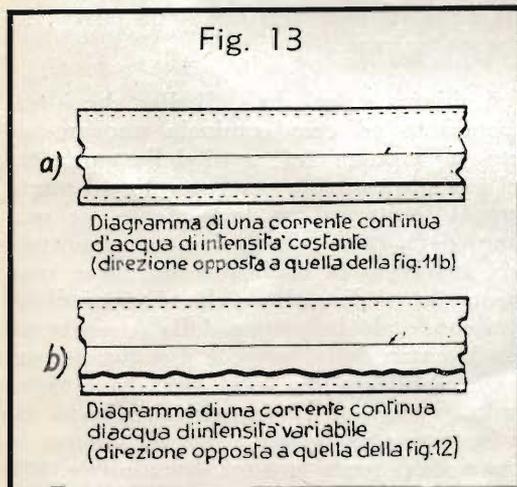
Nella fig. 1 è rappresentato un dispositivo che permette di realizzare una simile corrente continua o costante con l'acqua; in esso l'acqua scorre con intensità costante dal recipiente *A* che sta in alto, al recipiente *B* che sta in basso. Finchè i due recipienti mantengono questa loro posizione, la direzione della corrente sarà quella *A-B* e resterà invariata. Nel caso della corrente elettrica, *A* sarebbe il polo positivo e *B* il polo negativo di una pila.

Anche se portiamo il recipiente *B* in alto ed il recipiente *A* in basso, abbiamo una corrente continua di acqua, la quale però circolerà in direzione opposta a quella precedentemente considerata e cioè da *B* ad *A*.

Nel caso della corrente elettrica, *B* sarebbe ora il polo positivo ed *A* quello negativo.

Se però i due recipienti vengono alternativamente alzati ed abbassati, l'acqua circolerà nel tubo di raccordo una volta da sinistra a destra (da *A* verso *B*) ed una volta da destra verso sinistra (da *B* verso *A*) e questo andirivieni continua sino a che dura il movimento alternato dei due recipienti. In questo caso la corrente d'acqua non è più « costante » come quelle considerate negli esempi precedenti, perchè essa cambia continuamente la sua direzione. Oltre che la direzione, questa corrente, varia anche la sua intensità, perchè essa è massima, quando la differenza di livello fra i due recipienti

è massima e diminuisce sino ad essere nulla, quando sono al medesimo livello, per poi aumentare ancora sino a ridiventare massima, quando i recipienti hanno raggiunto nuovamente il massimo dislivello fra loro.

In questo modo abbiamo ottenuto una corrente d'acqua « alternata », essa infatti inverte continuamente la sua direzione e varia continuamente la sua intensità.

A differenza del sistema che abbiamo descritto più sopra, supponiamo ora che l'acqua non scorra in un tubo, ma in un canale e che essa scorra alternativamente, a periodi di tempo uguali, una volta in un senso e una volta nel senso opposto. Si tratta quindi ancora di una corrente d'acqua « alternata ». Ora, come mostra la fig. 4, applichiamo al canale un dispositivo formato da un indice, il quale abbia alla sua estremità inferiore una piastra immersa nell'acqua.

Poichè nello scorrere, l'acqua preme sulla piastra, quando l'acqua viene da sinistra, avremo uno spostamento dell'indice verso sinistra e, quando esso viene da destra, uno spostamento dell'indice verso destra. Poichè nel nostro caso la corrente d'acqua che percorre il canale è « alternata », essa provoca quindi un pendolamento dell'indice da sinistra verso destra e viceversa. Se al posto della lancetta, collochiamo sull'indice una matita che prema con la punta contro una striscia di carta posta dietro al canale, questa matita nel suo andirivieni traccerà sulla carta una linea. Se poi la striscia di carta viene fatta scorrere con moto regolare dal basso in alto, la matita vi disegnerà una « curva » che descrive il moto dell'acqua ed indica di quale « tipo » questo movimento sia.
Infatti la forma della curva non è sempre uguale, ma varia secondo la frequenza con la quale la corrente d'acqua inverte la sua direzione. La curva della fig. 9-*a* ci dice p. es. che la corrente d'acqua ha invertito la direzione del suo movimento con una frequenza relativamente elevata, mentre la fig. 9-*c* ci dice che la corrente d'acqua, supposto che la striscia di carta si sia spostata sempre con la medesima velocità del caso precedente, ha invece invertita la sua direzione con una frequenza relativamente bassa.

Se l'acqua non scorresse, l'indice non pendolerebbe e la matita, rimanendo ferma, traccerebbe una linea verticale al centro della striscia di carta come è indicato nella fig. 10 (la striscia di carta è qui rappresentata orizzontalmente; ma è chiaro che durante l'esperimento essa deve essere mossa verticalmente dal basso in alto).

La linea retta al centro della striscia di carta, la quale indica che non vi è stato alcun movimento d'acqua, è chiamata « linea di zero » perchè essa indica che in ogni istante la corrente è uguale a 0. Se invece nel canale l'acqua scorre sempre da sinistra verso destra, la matita segnerà una linea retta verticale sulla metà sinistra della striscia di carta che scorre dal basso in alto; questa linea sarà perfettamente retta solo se la corrente d'acqua ha una intensità uniforme, ma se invece la corrente, pur mantenendo la medesima direzione, scorresse ora più intensa ora meno intensa, la linea segnata

dalla matita non sarà una retta perfetta, ma avrà l'aspetto della linea riprodotta alla fig. 12. Da essa si rileva che la direzione della corrente è bensì sempre la stessa, ma che la sua intensità è stata soggetta a variazioni. Se nel canale la corrente fosse diretta in modo continuo da destra verso sinistra, anzichè da sinistra verso destra, come nel caso precedente, e la sua intensità fosse costante, la matita segnerebbe sulla metà destra della striscia di carta scorrevole una linea retta verticale come quella rappresentata alla fig. 13-*a*; se però, pur mantenendo la stessa direzione, la corrente variasse la sua intensità, la matita segnerebbe sulla metà destra della striscia di carta non più una linea retta, ma una curva, come quella della fig. 13-*b*.

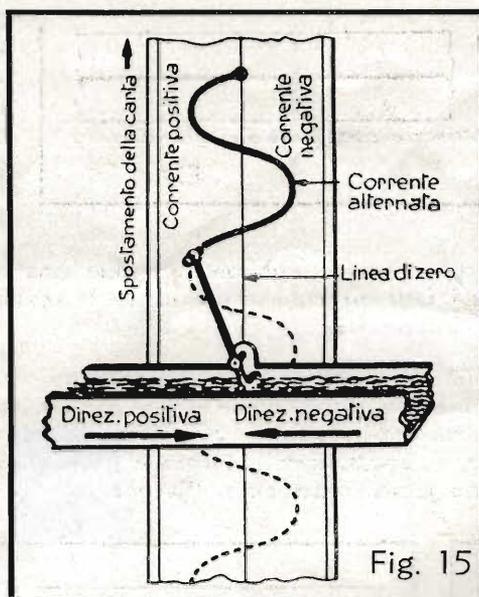



Fig. 15

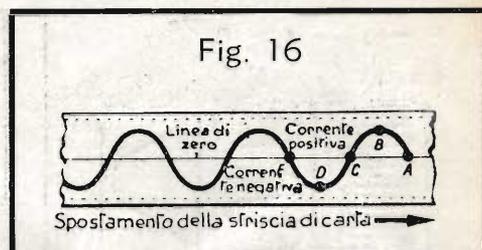



Fig. 16

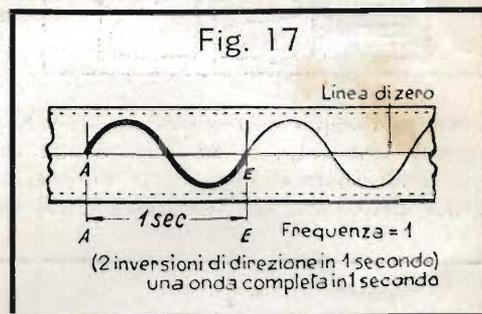



Fig. 17

È chiaro quindi che quando la matita traccia una linea totalmente compresa in una sola delle due metà della striscia di carta, si tratta di corrente che scorre in un solo senso e quindi di una « corrente continua ».

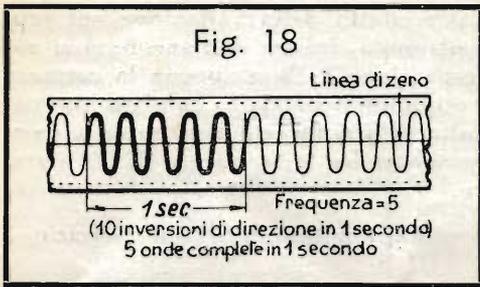
Le curve che, come quella della fig. 14, sono comprese contemporaneamente in tutte e due le metà della striscia di carta, si hanno solo quando la corrente inverte continuamente e regolarmente la sua direzione, cioè se « alternativamente » essa scorre una volta in un senso e una volta in senso opposto. In questo caso la curva sta per metà al disopra e per metà al disotto della linea dello zero.

Se conveniamo di chiamare « positiva » ogni corrente che scorre da sinistra verso destra indicandola con il segno + (più) e « negativa » ogni corrente che scorre da destra verso sinistra, indicandola con il segno — (meno) e segnamo in modo corrispondente la striscia di carta, giungiamo alla rappresentazione della fig. 16 dalla quale possiamo rilevare quanto segue:

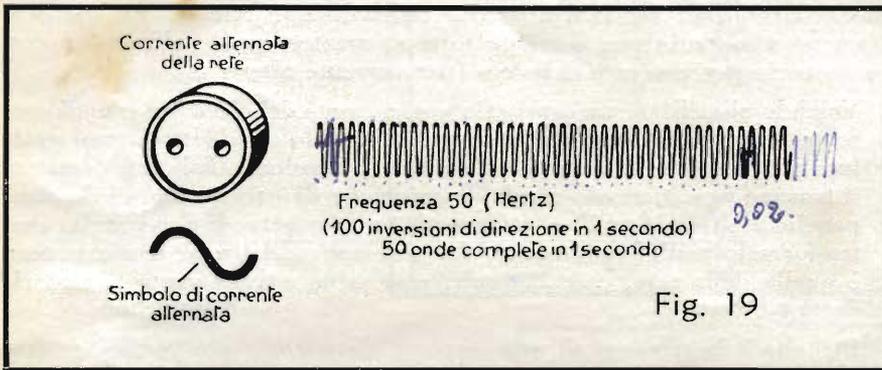
Nell'istante *A* non circola alcuna corrente, infatti il punto *A* è sulla linea di zero; subito dopo l'acqua comincia a scorrere, la corrente comincia a circolare con direzione positiva (+) raggiungendo nell'istante *B* il suo valore massimo (valore istantaneo massimo della corrente) in seguito la velocità dell'acqua diminuisce sino ad annullarsi nuovamente nell'istante *C* (Il punto *C* è infatti sulla linea di zero).

Immediatamente dopo però l'acqua ricomincia a scorrere ma in senso contrario al precedente, cioè in direzione negativa (—) fino a raggiungere il suo valore massimo negativo nel punto *D*. L'intensità della corrente diminuisce poi gradatamente per annullarsi ancora nel punto *E* dopo di che il fenomeno torna ripetersi nello stesso modo.

Noi siamo però abituati a leggere da sinistra verso destra e non da destra verso sinistra come è stato necessario fare per la fig. 16. Per ottenere quindi un disegno più facilmente leggibile basta spostare la striscia di carta dall'alto al basso anzichè dal basso in alto. Ciò non cambia nulla nella rappresentazione della curva che ci interessa, mentre si ottiene di potere eseguire la lettura secondo il senso normale.

Il tempo nel quale viene disegnata la curva dal punto *A* al punto *E* si chiama « periodo ». Si dice che è trascorso un « periodo » all'istante in cui un ciclo di un fenomeno si è compiuto ed esso comincia nuovamente a ripetersi. La durata del periodo è sempre la stessa, indipendentemente dalla scelta dei punti della curva tra i quali detta durata viene misurata. Possiamo ritenere che l'inizio del periodo coincida per esempio col punto in cui la corrente è nulla e sta per aumenare nel senso positivo; oppure il punto in cui la corrente ha raggiunto il valore massimo nel senso positivo; oppure qualsiasi altro punto della curva. In ogni caso, misurando la distanza tra l'inizio di un periodo e l'inizio del periodo successivo, troviamo la medesima durata e constatiamo che il medesimo fenomeno si ripete ogni volta nel medesimo modo; si dice allora che si tratta di un fenomeno periodico. Se la durata del periodo è uguale ad un minuto secondo, la frequenza della corrente alternata è uguale ad un periodo al secondo ossia 1 hertz. In questo caso la curva della corrente d'acqua percorrerà in ogni secondo un « monte » ed una « valle », tracciando un'onda completa. In ogni periodo ci sono però due inversioni della corrente. Se invece in un secondo avvengono 10 inversioni, cioè 5 semionde positive e 5 semionde negative e quindi 5 onde complete, la frequenza equivale a 5 periodi al secondo ossia a 5 hertz. La frequenza si misura quindi contando il numero dei periodi percorsi in ogni secondo (fig. 18).

In pratica sarà impossibile ottenere delle oscillazioni così rapide per una corrente d'acqua; ma la corrente elettrica, che scorre invisibile attraverso i conduttori, può invertire la direzione anche assai più frequentemente. La corrente alternata che passa nelle line per l'illuminazione possiede normalmente la frequenza di 50 hertz; ciò significa che essa cambia 100 volte di direzione al secondo. In ogni secondo abbiamo 50 semionde positive e 50 semionde negative, ossia 50 lunghezze d'onda (fig. 19).

Osserviamo in proposito che anche per le correnti alternate che oscillano così rapidamente è possibile rilevare la forma della curva usando speciali apparecchi o dispositivi, dei quali verrà trattato in dettaglio più avanti.

Fig. 19

Come è possibile ottenere una corrente elettrica alternata? Supponiamo per esempio di possedere una batteria, dotata di un polo positivo e di un polo negativo. Invertendo rapidamente e ripetutamente i collegamenti di un circuito allacciato a questa batteria, si ottiene una corrente alternata (fig. 20). Se infatti viene inserito nel circuito uno strumento indicatore, e precisamente un amperometro a bobina mobile dotato di zero centrale, nel quale cioè l'indice stia in mezzo quando non passa corrente, e altrimenti venga deviato o verso destra oppure verso sinistra, si vedrà l'indice oscillare rapidamente avanti e indietro; ciò denota che la corrente scorre ora in senso positivo, ora in senso negativo.

Le correnti alternate si possono però generare anche, senza bisogno di batterie, per mezzo di apposite macchine. Il diagramma delle correnti così generate corrisponde esattamente alla forma riportata nella fig. 19.

IMPIANTI DI SEGNALAZIONE

La suoneria a corrente alternata

Vogliamo descrivere ora un tipo di suoneria a corrente alternata impiegato negli apparecchi telefonici. In questo corso, avete già conosciuto, impianti di campanelli azionati mediante corrente continua prelevata da batterie. Volendo invece collegare una suoneria elettrica ad una sorgente di corrente alternata, è preferibile una esecuzione un po' diversa. La fig. 21 rappresenta il tipo fondamentale di una suoneria per corrente alternata.

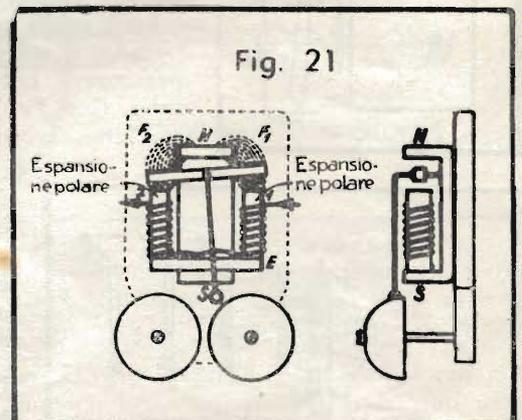
Il battaglio, disposto in modo da poter colpire alternativamente due campanelli, è fissato ad una piastrina di ferro, la cosiddetta ancoretta, provvista di perno centrale attorno al quale può oscillare. Le estremità dell'ancoretta si trovano sopra le espansioni polari di un elettromagnete; la parte orizzontale del nucleo di quest'ultimo è fissata ad un gambo di una forte calamita ad U (vedi fig. 21), mentre l'altro gambo della calamita è proteso in avanti sopra l'ancoretta.

Fig. 21

Espansione polare

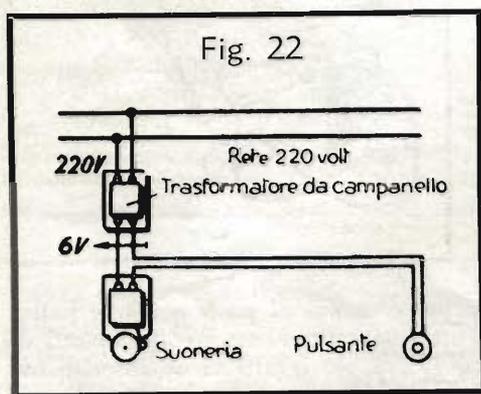
Espansione polare

Supponiamo che in un primo momento non passi nessuna corrente nell'avvolgimento dell'elettromagnete. Ciononostante, per effetto della calamita esistono già i campi magnetici F_1 ed F_2, le cui linee di forza passano dal polo superiore della calamita alle espansioni dell'elettromagnete il quale è fissato al polo inferiore.

L'ancoretta giace entro questi campi magnetici. Non appena passa corrente nell'elettromagnete, esso si magnetizza; supponendo che la corrente fluisca dapprima in una sola direzione, si formerà per esempio un polo nord nell'espansione 1 e un polo sud nell'espansione 2. In questo caso le linee di forza uscenti dal polo nord dell'espansione 1 risulteranno dirette in senso contrastante alle linee di forza uscenti dal polo nord della calamita. Ciò significa che il campo magnetico F_1 rimarrà indebolito, mentre nello stesso tempo verrà rinforzato il campo F_2 poichè essendosi formato un polo sud nella espansione 2, da questo lato le linee di forza avranno la medesima direzione di quelle della calamita.

Se prima del passaggio della corrente l'ancoretta era in equilibrio, ora, per effetto della variazione nel rapporto di forza di due campi magnetici, essa si sposterà verso un lato. L'estremità sinistra dell'ancoretta si avvicinerà alla espansione 2, mentre l'estremità destra si allontanerà dall'espansione 1. Non appena la corrente cambia senso, cambia anche la direzione del movimento dell'ancoretta, e quindi il battaglio colpisce alternativamente l'uno e l'altro campanello. Poichè la direzione della corrente alternata si inverte assai rapidamente, anche il battaglio si muove con grande velocità. Se la corrente d'alimentazione ha la frequenza di 50 hertz, il battaglio colpirà ogni secondo 50 volte un campanello e 50 volte l'altro.

È da osservare infine che la suoneria a corrente alternata non possiede contatti e quindi il suo esercizio è molto più sicuro della suoneria a corrente continua.

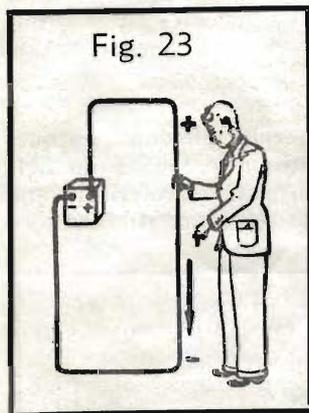
Il trasformatore da campanello

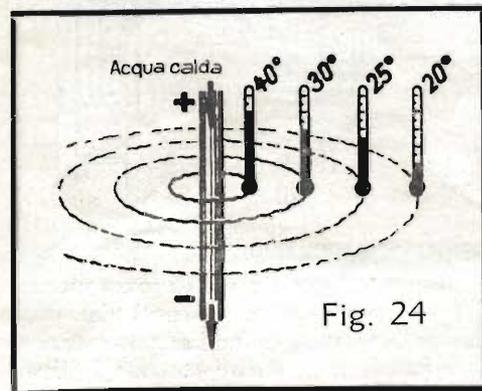
In pratica si utilizza raramente la tensione della rete (compresa tra 110 e 220 volt) per l'esercizio di campanelli a corrente alternata; si preferiscono generalmente tensioni alternate notevolmente minori. Le suonerie alimentate direttamente dalla rete si chiamano « suonerie per corrente forte », mentre quelle alimentate con tensioni alternate più basse si chiamano « suonerie per corrente debole » (per corrente alternata).

Volendo alimentare una suoneria per corrente debole dalla rete di corrente forte, è necessario inserire nella linea un cosiddetto « trasformatore », cui spetta il compito di ridurre la tensione. Tali trasformatori si trovano in commercio con la designazione di « trasformatori da campanello ». Nella fig. 22 è raffigurato un impianto di campanello con trasformatore d'alimentazione. La tensione addotta al trasformatore è quella della rete, cioè 220 volt; essa viene « trasformata », cioè ridotta a 6 volt.

Più alta è la tensione di una corrente elettrica, e più pericolosa essa può essere per le persone. Le tensioni, di 6, 10 o 20 volt invece non producono alcun effetto nocivo sull'organismo umano.
Imparerete in seguito come sono costruiti e come funzionano i trasformatori, che avete conosciuto qui così di sfuggita. Sono necessarie infatti prima alcune spiegazioni, per poter seguire poi la descrizione di questo apparecchio.

MAGNETISMO ED ELETTROMAGNETISMO

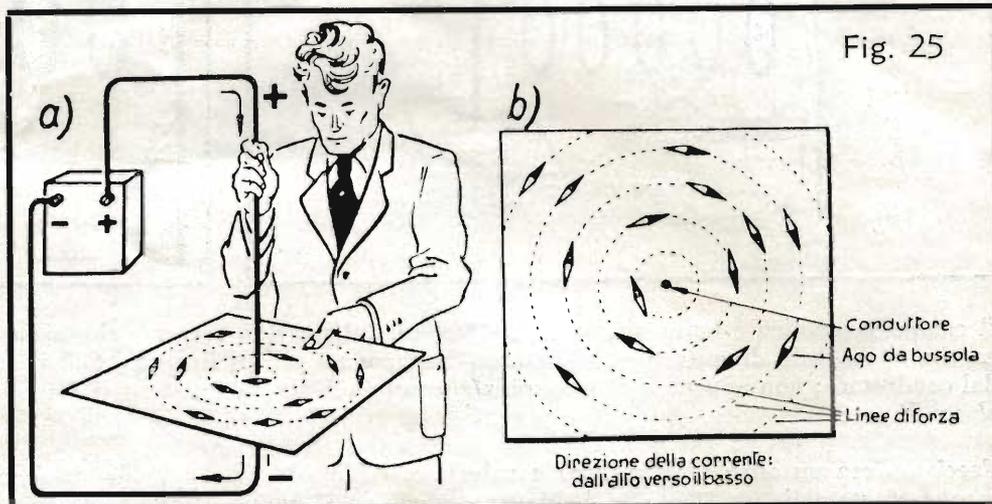
La bobina magnetica

I concetti di « magnetismo » ed « elettromagnetismo » vi sono ormai noti; sapete per esempio che un nucleo di ferro si magnetizza, quando una bobina avvolta attorno ad esso viene percorsa dalla corrente. Finora non vi è stato però ancora detto che il campo magnetico si forma anche quando c'è solo la bobina, senza nucleo di ferro. Il campo magnetico si forma persino attorno ad un qualsiasi conduttore percorso da corrente, come vedremo subito.

Nella fig. 23 si vede un uomo che tiene in mano un conduttore elettrico; in esso passa una corrente diretta nel senso della freccia. A prima vista non si direbbe che la corrente elettrica produca in questo caso degli effetti esterni; eppure questi ci sono. Per far meglio comprendere ciò che avviene, facciamo un paragone.

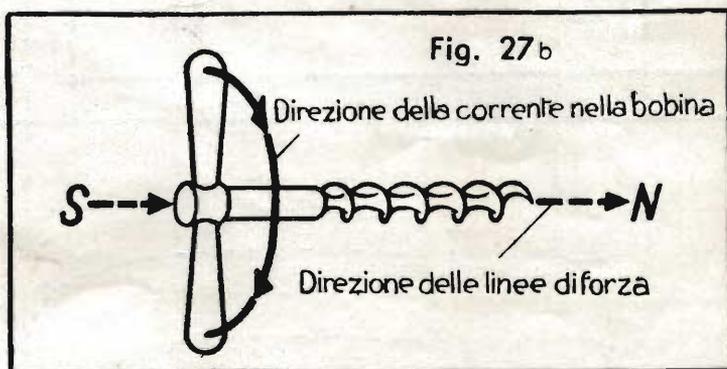
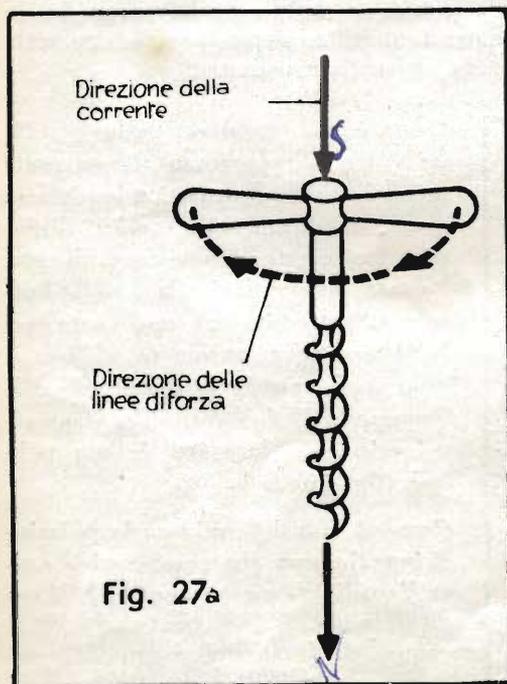
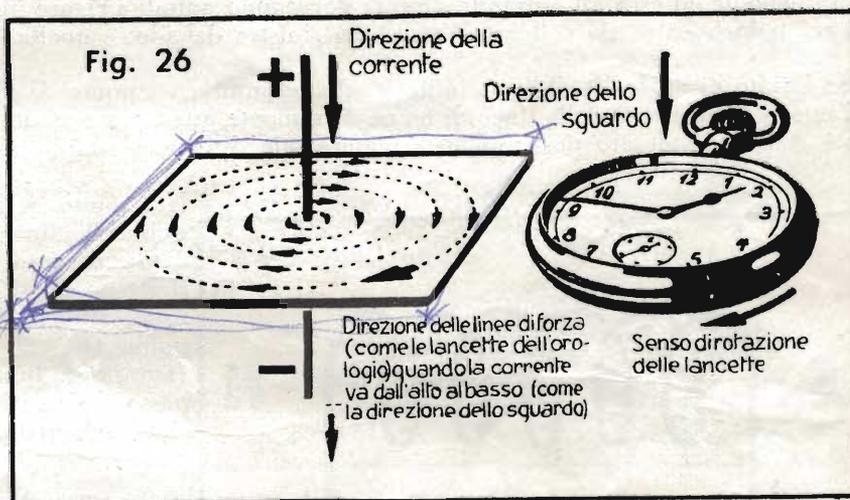
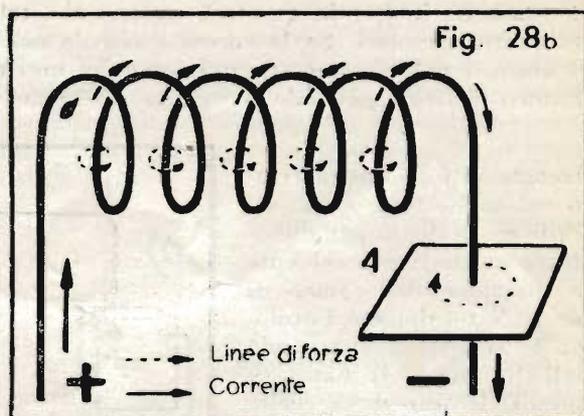
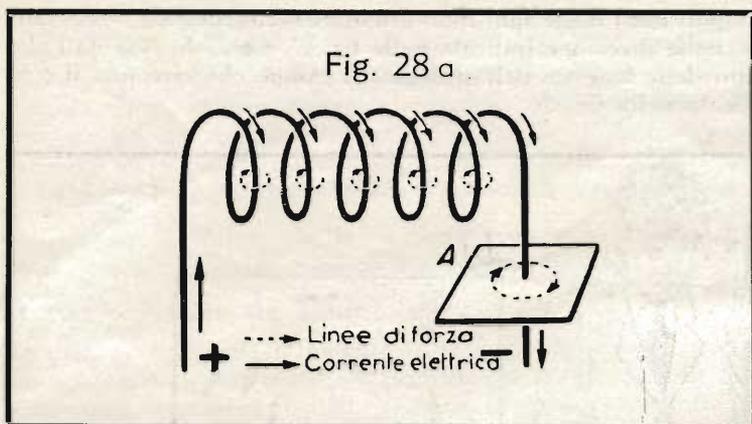
In una tubazione del riscaldamento centrale scorre acqua calda; di conseguenza il tubo è caldo ed irradia calore. Si forma quindi attorno alla tubazione ciò che potremmo chiamare un « campo calorico ». Nell'immediata vicinanza del tubo la temperatura è naturalmente più elevata; essa diminuisce però più ci allontaniamo dal tubo. Con l'aiuto di alcuni termometri si potrebbe controllare senza dubbio questo fatto, evidente ed a voi già certamente noto (fig. 24).

Attorno al conduttore tenuto in mano dall'uomo della fig. 23, quando è percorso dalla corrente si forma un « campo » analogo, ma però « magnetico ». L'esistenza del campo magnetico si dimostra facilmente con la disposizione rappresentata nella fig. 25-*a*. Si fa passare il filo attraverso un foglio di carta robusta, sul quale sono collocati parecchi aghi magnetici in modo che si possano muovere con facilità.

Quando non passa corrente nel filo, i piccoli aghi da bussola si orientano tutti nella direzione nord-sud. Non appena però la corrente circola nel filo, per effetto di una forza invisibile, gli aghi si dispongono tutti nella direzione mostrata nella fig. 25-*b*. Il cambiamento di orientamento degli aghi da bussola dimostra che attorno al conduttore, non appena esso è percorso dalla corrente, si è formato un « campo di linee di forza ».

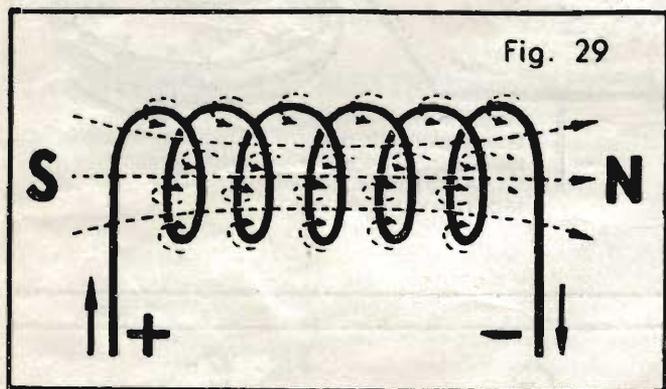
Constatiamo inoltre in questa occasione che tutti i poli nord degli aghi sono orientati nel medesimo senso sulle traiettorie circolari. Se la corrente circola nel filo nella direzione indicata nelle fig. 25-*a* e 25-*b*, cioè dall'alto al basso, i poli si orientano nel senso del movimento delle lancette dell'orologio. Il campo che circonda il conduttore elettrico possiede quindi la direzione indicata nella fig. 26.

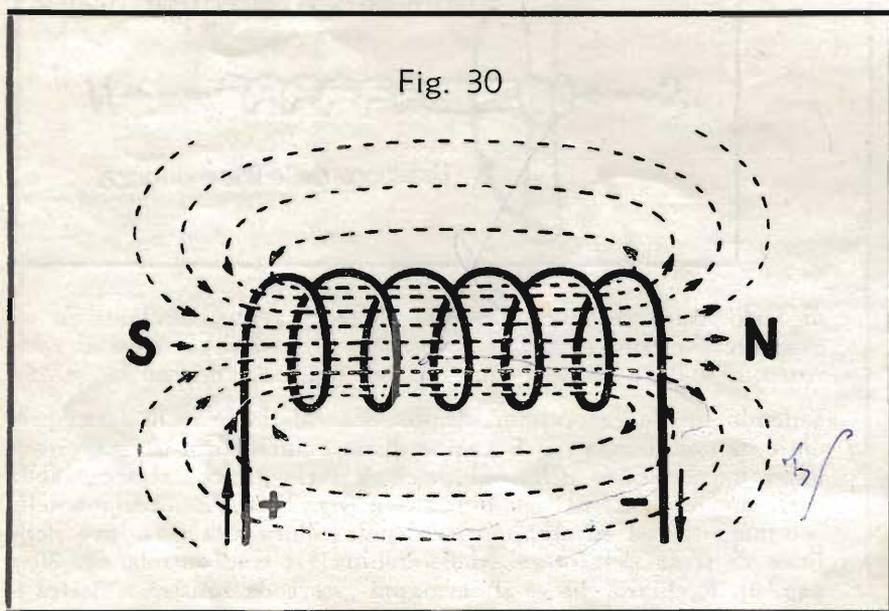
Accanto al foglio attraversato dal conduttore, è qui visibile un orologio per dimostrare in modo più evidente la direzione delle linee di forza. Naturalmente l'orologio lo si osserva guardando dall'alto verso il basso, e quindi la direzione dello sguardo è uguale a quella della corrente elettrica. La direzione delle linee di forza corrisponde allora esattamente a quella indicata dal movimento delle lancette dell'orologio.

Se la corrente fluisse nel senso contrario, cioè dal basso verso l'alto, dovremmo capovolgere l'orologio e osservare il quadrante dal basso verso l'alto: anche in questo caso la direzione delle linee di forza si potrebbe determinare nel medesimo modo.

La regola detta del «c a v a t a p p i» o del c a c c i a v i t e, usata comunemente nell'elettrotecnica, permette di determinare la direzione delle linee di forza conoscendo la direzione della corrente, e viceversa.

Avvitando un cavatappi (munito, come al solito, di elica destrogira), in modo di farlo avanzare nella direzione della corrente circolante in un conduttore diritto (fig. 27-*a*), si ottiene il medesimo senso di rotazione delle linee di forza concentriche. (Si confronti con la fig. 25).

Volendo invece determinare la direzione delle linee di forza prodotte da una bobina, si immagina di far coincidere il cavatappi con l'asse longitudinale della bobina, e di farlo girare nel senso della corrente circolante nella bobina stessa (fig. 27-*b*). La direzione dello spostamento del cavatappi corrisponde allora alla direzione delle linee di forza nell'interno della bobina (si confronti la fig. 30 a pag. 8). È chiaro che se il cavatappi girerà da sinistra a destra il suo spostamento sarà in avanti e se girerà da destra a sinistra si sposterà all'indietro.

Il campo magnetico è tanto più forte, quanto più intensa è la corrente che passa nel filo; anche senza aghi magnetici è possibile dimostrarne l'esistenza: si sparge un po' di limatura di ferro sul foglio di carta attraversato dal conduttore; non appena si fa passare la corrente nel filo, la limatura si dispone in cerchi concentrici attorno al conduttore.

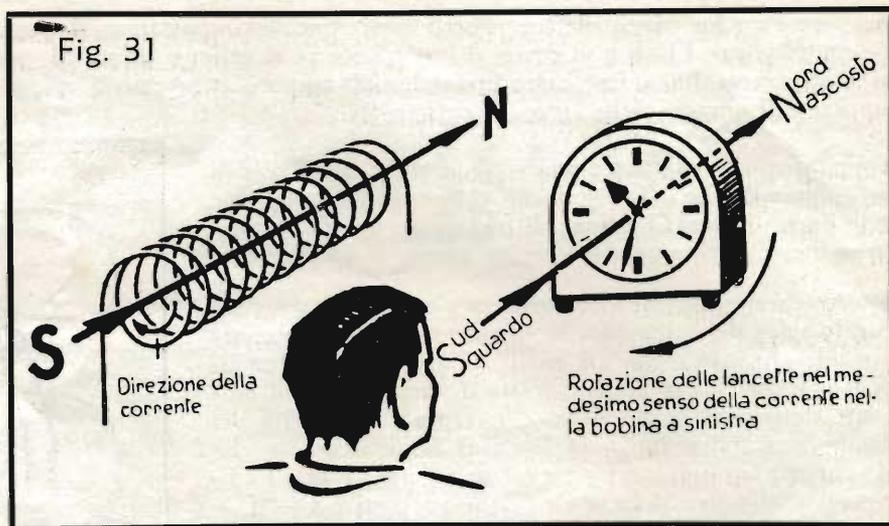
Facciamo ora un altro esperimento: avvolgiamo il filo ad elica in modo da formare una bobina, come quella rappresentata nella fig. 28-*a*, che si chiama « solenoide ». Supponiamo che la corrente entri all'estremità sinistra del solenoide ed esca all'estremità destra; dovremmo quindi a rigore immaginare anche una sorgente di corrente, al cui polo positivo sia collegata l'estremità sinistra del filo, e quella destra al polo negativo.

Con l'aiuto di un foglio di carta infilato nel conduttore nel punto A e di alcuni aghi da bussola, determiniamo di nuovo la direzione delle linee di forza. Veramente quest'esperimento è ormai inutile, perchè applicando quanto è stato già spiegato possiamo determinare tale direzione semplicemente col ragionamento.

Nel punto A la corrente va dall'alto verso il basso; quindi le linee di forza hanno la direzione corrispondente al senso delle lancette dell'orologio. Sempre allo stesso modo si può stabilire la direzione delle linee di forza attorno alle metà anteriori delle spire del solenoide (fig. 28-*a*), e così pure per le metà posteriori (fig. 28-*b*). Infine segnamo le linee di forza in alto e in basso per ciascuna spira, e otteniamo la rappresentazione schematica della fig. 29.

Osserviamo ora che le singole linee di forza si assecondano nell'interno della bobina; supponendo naturalmente sempre che la direzione della corrente ammessa in partenza sia rimasta inalterata, si produce così un forte campo orientato da sinistra verso destra.

Come è già accennato nella fig. 29, un solenoide percorso da corrente possiede delle proprietà identiche a quelle di un magnete, e ciò si dimostra facilmente con l'aiuto di una bussola. Avvicinando l'ago della bussola all'estremità contrassegnata con la lettera S, si avvicinerà ad essa il polo nord, mentre in prossimità dell'estremità N del solenoide, l'ago rivolgerà verso la stessa il suo polo sud (fig. 30).

Come si fa a determinare la polarità di una bobina elettromagnetica senza l'ausilio di mezzo appositi? Si osservi la fig. 31. Si riconosce che il campo di forza del solenoide assomiglia molto al campo di forza di un magnete. Prendiamo ora l'orolo-

gio e poniamolo accanto alla bobina in modo che il movimento delle lancette corrisponda alla direzione della corrente; in altre parole, controlliamo da quale estremità del solenoide il senso di circolazione della corrente corrisponde col senso dell'orologio. In queste condizioni, la direzione delle linee di forza nell'interno della bobina corrisponde alla direzione dello sguardo. Il punto dal quale parte lo S g u a r d o , corrisponde al polo S u d , mentre il polo N o r d si trova dietro al quadrante dell'orologio, quindi N a s c o s t o .

Fig. 31

Dato che come abbiamo visto un solenoide percorso da corrente possiede un polo nord ed un polo sud, è evidente che, sospendendolo in modo che esso possa facilmente girare, esso si orienterà come l'ago di una bussola. La fig. 32 rappresenta questo esperimento, che dimostra la giustezza del ragionamento.

L'elettromagnete

Fig. 32

Aggiungiamo ora un ulteriore ragionamento per completare la spiegazione sui campi magnetici generati dalle bobine percorse da corrente.

Dobbiamo perciò riferirci a quanto è già stato spiegato a proposito degli elettromagneti. Nel frattempo avete inoltre appreso che anche un semplice solenoide percorso da corrente genera un campo magnetico. È facile comprendere pertanto che, infilando un nucleo di ferro entro un solenoide, si ottiene un campo magnetico più intenso. Le minuscole particelle di ferro, che costituiscono dei piccoli magneti, si orientano tutte nella direzione delle linee di forza, sotto l'azione del campo magnetico del solenoide; in questo modo si forma un elettromagnete (fig. 33).

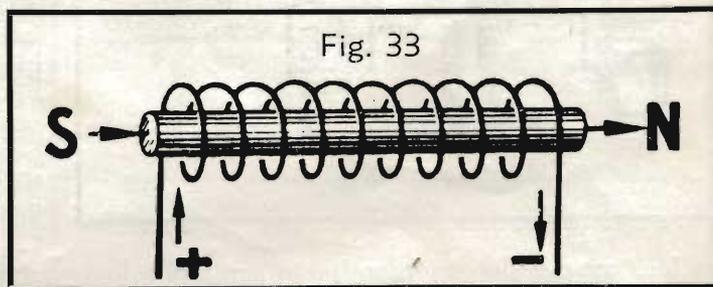
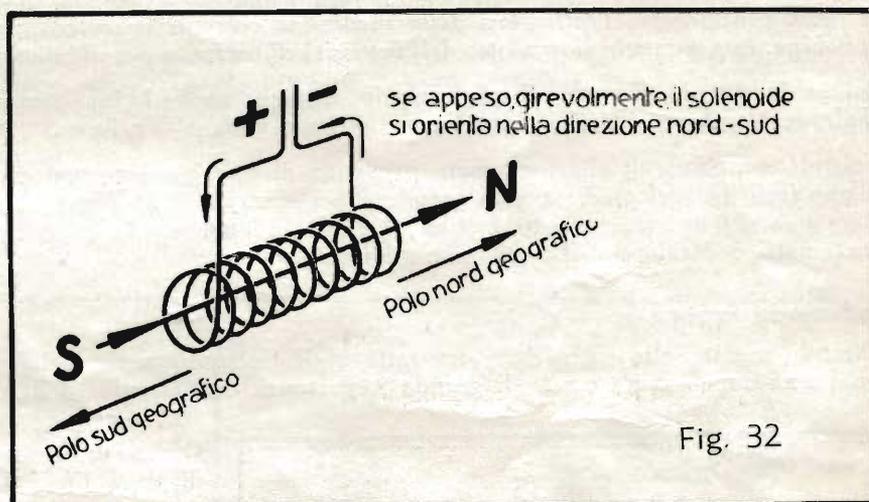
Fig. 33

Naturalmente il campo magnetico del solenoide è tanto più intenso, quanto più numerose sono le sue spire; inoltre è chiaro che l'intensità del campo dipende anche dall'intensità della corrente circolante nel solenoide stesso.

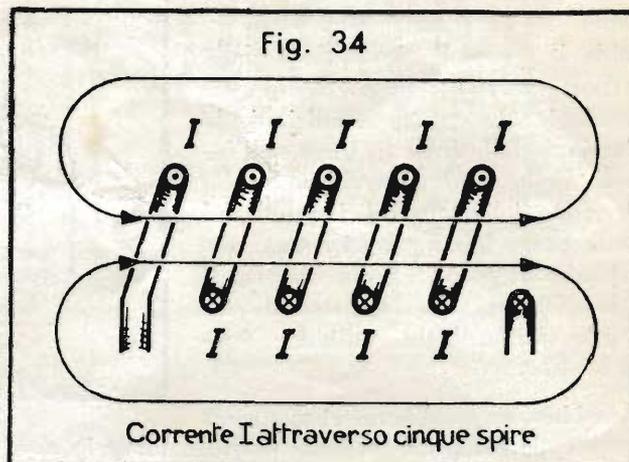
Riassumendo:

I Un elettromagnete è tanto più forte, quanto maggiore è la corrente che circola attorno al nucleo, ossia quanto più numerose sono le spire avvolte attorno ad esso. Un elettromagnete è inoltre tanto più forte, quanto più intensa è la corrente circolante nell'avvolgimento.

Queste due proprietà sono facili da ricordare. Pensiamo per esempio anche ad un calorifero: l'effetto riscaldante aumenta sia col crescere del numero degli « elementi » che costituiscono il calorifero (e che possiamo paragonare alle spire di un solenoide), sia con l'aumentare della quantità d'acqua calda circolante negli « elementi » stessi.

Esistono quindi due modi per costruire un forte elettromagnete: o si fanno m o l t e s p i r e di filo isolato (naturalmente il filo deve essere isolato), oppure si fa passare nella bobina una c o r r e n t e m o l t o i n t e n s a . Se necessario si possono riunire anche entrambe le condizioni e far circolare una corrente forte attraverso numerose spire.

Nel calcolo degli elettromagneti è di speciale importanza il prodotto dell'intensità di corrente per il numero di spire; si ottiene infatti il medesimo effetto facendo passare 5 ampère attraverso 100 spire, come inviando 100 ampèrè attraverso 5 spire. In entrambi i casi il prodotto fra gli ampère e il numero delle spire è uguale a 500.

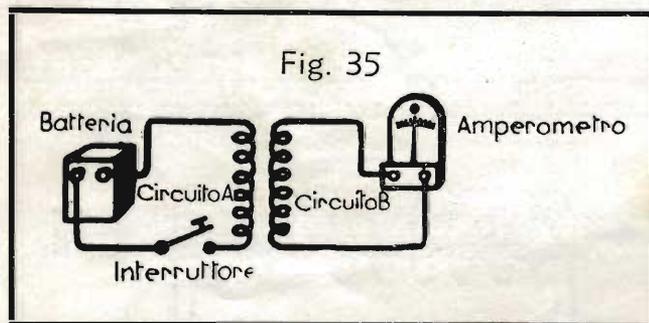
Supponiamo di effettuare una sezione attraverso l'asse di un solenoide (fig. 34). Nella fig. 34 sono disegnate due sole linee di forza. Le linee di forza sono sempre chiuse in se stesse e circondano le spire percorse da corrente.

Si dice che le linee di forza sono «concatenate» con le spire del solenoide, in quanto esse si abbracciano vicendevolmente come gli anelli di una catena. Una linea di forza chiusa è attraversata da un insieme di correnti elettriche, la cui somma determina l'intensità del campo magnetico lungo la linea di forza stessa, e che si chiama quindi «forza magnetomotrice». Nella fig. 34 la somma delle correnti è I + I + + I + I + I = 5 I. Poichè la corrente passa attraverso 5 spire, 5 I non è altro che il prodotto dell'intensità di corrente per il numero di spire.

In una bobina, la forza magnetomotrice è quindi uguale alla somma di tutte le correnti concatenate con la linea di forza considerata. Trattandosi della medesima corrente concatenata per tante volte, quante sono le spire della bobina, essa è uguale al prodotto dell'intensità di corrente per il numero di spire.

Poichè le singole correnti si misurano in ampère, anche la loro somma andrebbe a rigori indicata in ampère. Nella pratica però si parla generalmente di ampère-spire.

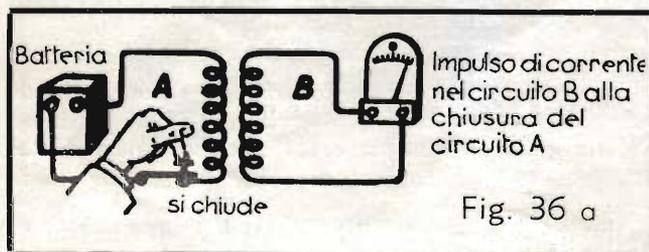
Volendo costruire un elettromagnete provvisto di una forza magnetomotrice di 1000 ampère (o ampère-spire), si può farlo in vari modi; si può prendere per esempio 10 ampère e 100 spire, oppure 5 ampère e 200 spire, o 1 ampère e 1000 spire, ecc.; in tutti i casi si ottiene la forza magnetomotrice desiderata di 1000 ampère-spire.

Induzione mutua

Facendo seguito alle spiegazioni ora fatte sugli elettromagneti vogliamo toccare brevemente il campo della induzione mutua, di grande importanza nella tecnica delle telecomunicazioni.

Osservate ora la fig. 35. Essa rappresenta due bobine disposte l'una accanto all'altra e che, in pratica, potranno essere anche avvolte l'una sull'altra. La bobina di sinistra, è collegata ad una batteria per mezzo di un interruttore; quando l'interruttore è chiuso, questa bobina con la batteria costituiscono il circuito *A*. La bobina di destra è collegata ad un amperometro a zero centrale con il quale costituisce il circuito *B*. (Come vi è noto nell'amperometro a zero centrale, l'indice si sposta verso sinistra o verso destra a seconda del senso nel quale circola la corrente da misurare).

Le due bobine non hanno nessun collegamento diretto fra loro ma esse devono essere poste non molto lontane l'una dall'altra, ad una distanza tale che le linee di forza della prima possano attraversare la seconda. In questo caso si dice che le due bobine sono « accoppiate magneticamente » fra loro.

Nella fig. 35 l'interruttore è aperto e quindi nel circuito *A* non scorre alcuna corrente; anche nel circuito *B* non passa alcuna corrente e quindi l'indice dell'amperometro è fermo sullo zero centrale. Eseguiamo ora un esperimento: come mostra la fig. 36-*a* chiudiamo l'interruttore del circuito *A;* noteremo allora che l'indice dell'amperometro del circuito *B* devia verso destra ritornando però subito allo stato di riposo; ciò è avvenuto perchè nel momento in cui si è verificata la chiusura del circuito *A* e solo per quell'istante, si è formato nel circuito *B* un breve impulso di corrente. Infatti, dopo l'attimo in cui è avvenuta la chiusura del-

l'interruttore, benchè questo rimanga chiuso e nel circuito *A* continui a circolare la corrente, lo strumento in *B* non indica alcun passaggio di corrente in questo circuito. Solo se apriamo l'interruttore del circuito *A* (fig. 36-*b*) si ha una nuova deviazione dell'indice dell'amperometro in *B*, ma questa volta in senso opposto a quella precedente; anche ora l'indice torna subito a zero dopo l'apertura dell'interruttore.

Il risultato del nostro esperimento ci dimostra che tanto nella chiusura che nella apertura di un circuito nel quale sia compresa una bobina, viene i n d o t t a una tensione in una seconda bobina posta vicina alla prima, e con essa accoppiata magneticamente. Se questa seconda bobina fa parte di un circuito, la tensione indotta provocherà in esso un breve passaggio di corrente. Rileviamo anche che la corrente indotta nel secondo circuito circola in un senso se prodotta dalla chiusura del 1° circuito ed in senso opposto se prodotta invece dalla sua apertura.

Tecnicamente chiameremo « bobina primaria » quella del circuito *A* e « bobina secondaria » quella del circuito *B;* per questa ragione avremo un circuito primario e una corrente primaria, un circuito secondario ed una corrente secondaria. Completando il nostro esperimento noteremo anche che la corrente in *B* viene indotta non solo chiudendo e aprendo il circuito *A*, ma anche solo aumentando o diminuendo l'intensità della corrente che circola in *A*.

La regola da ricordare in proposito è la seguente:

« Chiudendo il circuito primario o aumentando l'intensità della corrente primaria si induce nel circuito secondario una corrente secondaria con direzione opposta a quella della corrente primaria.

Aprendo il circuito primario o diminuendo l'intensità della corrente primaria si induce nel circuito secondario una corrente secondaria con direzione uguale a quella primaria ».

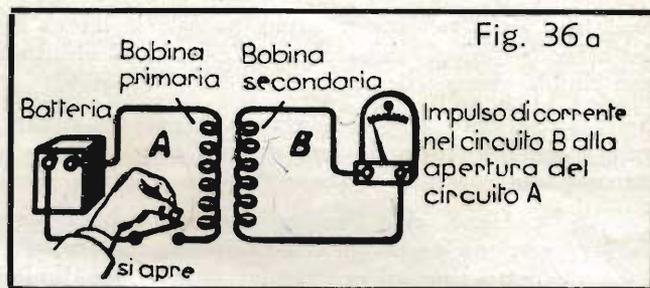
Un semplice paragone può aiutarvi a meglio comprendere i fenomeni che abbiamo sopra considerati. Nelle figg. 37, 38, 39 e 40 il ragazzo *A*, in piedi, rappresenta il circuito *A* (circuito primario) e il ragazzo *B*, seduto al centro del carretto, rappresenta il circuito *B* (circuito secondario).

Fig. 37
A fermo B fermo
(circuito A aperto, nessuna corrente indotta nel circuito B)

Fig. 38
A si mette in moto B casca indietro
(il circuito A viene chiuso, corrente indotta nel circuito B)

Fig. 39
A cammina con velocità costante B è immobile
(il circuito A resta chiuso quindi percorso da corrente costante - nessuna corrente indotta nel circuito B)

Fig. 40
A si ferma B casca in avanti
(il circuito A viene aperto, corrente indotta nel circuito B, di senso opposto a quella indotta alla chiusura)

Nella fig. 37, il ragazzo *A* sta fermo, il ragazzo *B* sta tranquillamente seduto sul carretto (ciò significa che nè nel circuito *A* nè in quello *B* circola corrente). Il ragazzo *A* si mette in moto tutte ad un tratto e cammina in avanti (fig. 38), il ragazzo *B* riceve un colpo e cade all'indietro (ciò significa che il circuito *A* viene chiuso e che nel circuito *B* viene indotta una tensione che provoca un impulso di corrente che circola in senso contrario a quella del circuito *A*).

Nella fig. 39 il ragazzo *A* cammina con andatura regolare. il ragazzo *B* se ne sta tranquillo e fermo al centro del carretto (ciò significa che nel circuito *A* chiuso circola corrente, ma nel circuito *B* non succede nulla, cioè non circola alcuna corrente).

Nella fig. 40 il ragazzo *A* si arresta improvvisamente, il ragazzo *B* riceve un colpo e cade in avanti (ciò significa che il circuito *A* viene aperto, e nello stesso momento nel circuito *B* viene indotta una tensione che provoca una corrente di senso opposto a quella provocata dalla chiusura del circuito *A*).

Questo fenomeno, cioè l'azione che una bobina percorsa da corrente esercita su un'altra bobina non collegata direttamente ma posta nel suo campo magnetico, si chiama « induzione mutua » delle due bobine. Da quanto abbiamo detto sino ad ora risulta quindi che l'induzione mutua fra due bobine è una conseguenza della formazione e della distruzione o della variazione di intensità del campo magnetico della bobina primaria, il quale campo magnetico si forma e si distrugge rispettivamente con la chiusura e l'apertura del circuito primario e vària la sua intensità con il variare di quella della corrente che alimenta il circuito stesso.

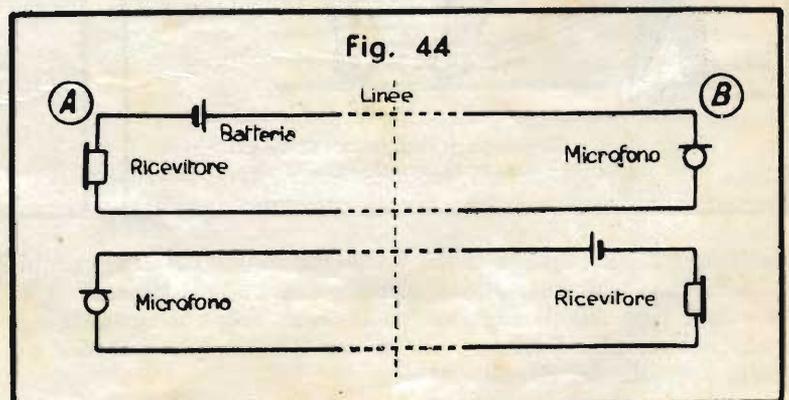
Se la bobina primaria, invece di essere alimentata con la corrente continua di una pila, come abbiamo supposto sino ad ora, lo è con corrente alternata, il suo campo magnetico si forma e si distrugge automaticamente senza bisogno di alcun interruttore, ma semplicemente, perchè la corrente alternata per conto suo aumenta e diminuisce la sua intensità fra lo zero ed un valore massimo.

Se nella bobina primaria circola una corrente alternata, nella bobina secondaria viene indotta una tensione alternata che provoca una corrente pure alternata. Su questo principio si basa il funzionamento dei « trasformatori » o « traslatori » dei quali parleremo in un prossimo capitolo.

Domande

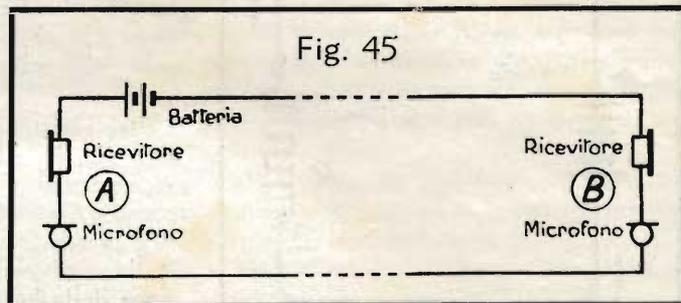
1. Qual'è la differenza che passa tra una corrente d'acqua continua ed una alternata?
2. Qual'è la frequenza delle nostre reti a corrente alternata per illuminazione?
3. Qual'è l'apparecchio che permette di ridurre la tensione di rete, di p. es. 110 o 220 volt, alla tensione di p. es. 6 volt, occorrente per l'esercizio delle suonerie a corrente alternata?
4. A quale mezzo si ricorre per ricordare la direzione delle linee di forza attorno ad un conduttore percorso da corrente?
5. Da che cosa dipende la forza di un elettromagnete?
6. Che cosa avviene in un circuito elettrico contenente una bobina, quando si apre o si chiude un altro circuito pure contenente una bobina, situato in prossimità del primo?

TELEFONIA

Nella fig. 65 della Dispensa N. 3 è rappresentato un impianto telefonico del tipo più semplice, disegnato senza far uso di alcun simbolo. Poichè però è necesario che impariate a leggere gli schemi costituiti da notazioni

simboliche, ripetiamo lo schema sopra menzionato, usando la rappresentazione corretta (fig. 41).

Per comprendere lo schema è necessario conoscere i simboli per i ricevitori telefonici e per i microfoni; essi sono indicati nelle figg. 42 e 43. Nella fig. 41 una linea tratteggiata che circonda ricevitore e microfono indica che questi due organi sono normalmente riuniti in un'unica impugnatura, denominata « microtelefono ». I circuiti elettrici invece sono completamente separati, cosa questa che viene messa particolarmente in evidenza seguendo la rappresentazione della fig. 44.

Per il reciproco collegamento dei microfoni e dei telefoni occorrono in questo caso quattro fili. Collegando invece conformemente alla fig. 45 ne bastano solo due, e l'impianto si semplifica notevolmente.

Ricevitore e microfono della stazione A sono in questo caso semplicemente collegati in serie con ricevitore e microfono della stazione B; basta allora una sola batteria.

COLLEGAMENTO IN SERIE ED IN PARALLELO DI CONSUMATORI

Prima di proseguire nella lezione di telefonia dobbiamo fare ora una piccola parentesi. Abbiamo accennato al fatto che i vari organi di due apparecchi telefonici vengono collegati in serie tra loro. Il concetto di « collegamento in serie » non è ormai più nuovo per voi, essendo stato trattato ampiamente nella Dispensa N. 2. Là però si parlava esclusivamente di sorgenti di corrente, mentre ora vogliamo parlare di collegamenti in serie e in parallelo di consumatori di corrente.

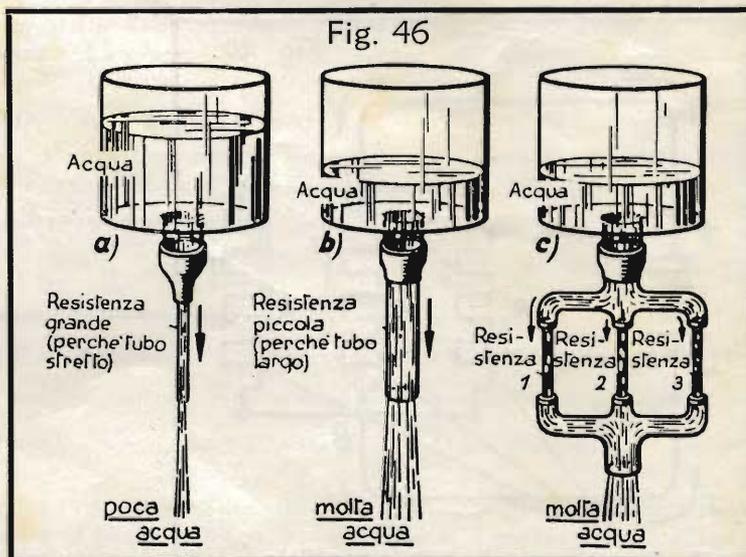
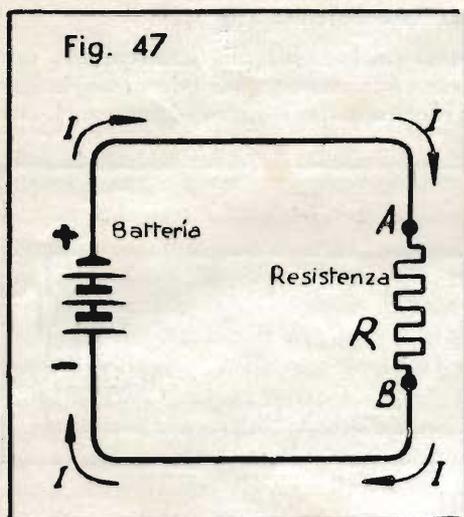
Prima di proseguire quindi nel campo delle telecomunicazioni, occorre illustrare i fondamenti fisici delle due specie di collegamenti. Anche qui è utile ricorrere ancora al paragone con l'acqua.

Il collegamento in parallelo

Nella fig. 46-*a* è visibile un serbatoio d'acqua con una apertura d'uscita in basso, alla quale è collegato un tubo relativamente stretto, che oppone quindi una resistenza piuttosto elevata all'uscita dell'acqua. Di conseguenza l'acqua che ne esce è poca e abbiamo una corrente debole.

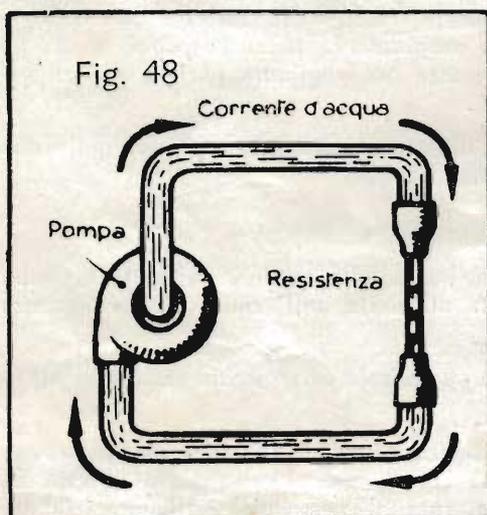
Nella fig. 46-*b* invece il tubo stretto è sostituito con un tubo largo, che oppone solo una piccola resistenza all'uscita dell'acqua; abbiamo quindi una corrente forte.

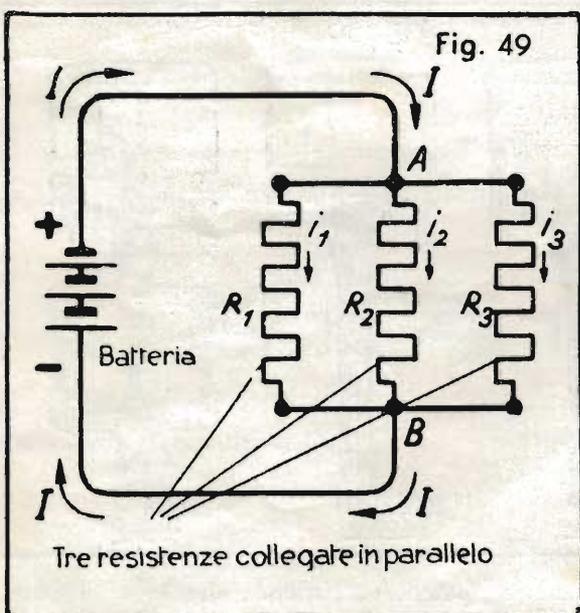
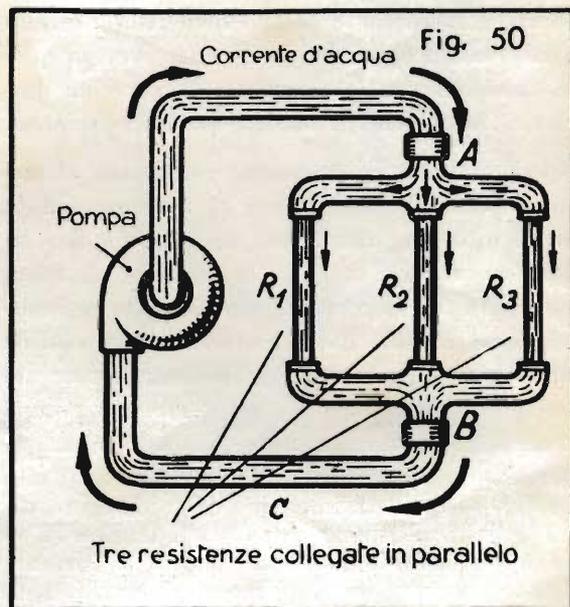
Nella fig. 46-*c* è indicata infine una terza possibilità, consistente nell'allacciamento di tre tubi di piccola sezione all'apertura di uscita del serbatoio. Anche in questo caso l'acqua che esce è relativamente tanta; infatti, benchè ogni singolo tubo sia stretto e opponga una resistenza elevata al passaggio dell'acqua, questa trova a sua disposizione, per l'uscita, tre vie differenti, e la corrente complessiva risulta quindi relativamente forte. I tubi d'uscita sono in questo caso collegati in parallelo; la corrente d'uscita si dirama in tre correnti parziali parallele.

Riportiamo ora le medesime condizioni al circuito elettrico. Nella figura 47 è rappresentato un circuito contenente una resistenza « R » situata tra i punti A e B; la tensione elettrica, che « spinge » la corrente attraverso la resistenza, viene fornita dalla batteria, pure visibile nella figura. Nella fig. 48 abbiamo invece un analogo circuito d'acqua, nel quale una pompa fornisce la pressione necessaria a far passare la corrente d'acqua attraverso l'ostacolo costituito dal tubo stretto. L'intensità della corrente dipende dalla resistenza opposta dagli ostacoli esistenti nel circuito; ciò vale sia per la corrente elettrica che per quella d'acqua. Questo fatto non vi è del resto nuovo, poichè corrisponde alla legge di Ohm, per la quale l'intensità di corrente diminuisce con l'aumentare della resistenza:

$$I = \frac{V}{R} \quad \text{(Formula 2)}$$

Si presuppone naturalmente che la tensione rimanga costante; per la batteria rappresentata nella fig. 47 ciò corrisponde alla realtà.

Più complicata è invece la situazione nella fig. 49, dove si trovano tre resistenze inserite in parallelo nel circuito elettrico. La fig. 50 mostra una disposizione analoga per correnti d'acqua, che vi faciliterà la comprensione; per ora però ci occuperemo solo dello schema elettrico della fig. 49.

La tre resistenza inserite tra i punti A e B sono contrassegnate con le sigle R_1, R_2 ed R_3. Conosciamo la grandezza di ciascuna singola resistenza; non sappiamo però ancora quale sia la resistenza complessiva tra i punti A e B. Sappiamo solo che tra i punti A e B agisce una ben determinata tensione la quale, ammettendo che le linee di connessione siano prive di resistenza, è identica alla tensione della batteria.

Se quindi la tensione della batteria è V, abbiamo tra A e B la medesima tensione V, e quindi sempre la stessa tensione V è efficace ai capi delle resistenze R_1, R_2 come pure di quella R_3.

Per quanto riguarda l'intensità di corrente, le cose sono differenti. Nei conduttori allacciati alla batteria fluisce una corrente che designeremo con I. Nel punto A questa corrente si suddivide; una parte attraversa R_1, un'altra parte R_2 e la terza R_3. Chiameremo le singole correnti parziali i_1, i_2 e i_3. La legge di Ohm ci permette ora di calcolare le intensità di queste tre correnti, infatti: $i_1 = \frac{V}{R_1}$; $i_2 = \frac{V}{R_2}$; $i_3 = \frac{V}{R_3}$

Poichè conosciamo la tensione V (la possiamo misurare con un voltmetro), e ci è inoltre noto il valore delle tre resistenze, potremmo determinare così senz'altro le singole intensità di corrente nei vari rami R_1, R_2 e R_3. Non è questo però quanto ci interessava; noi volevamo infatti conoscere il valore della resistenza complessiva risultante dal collegamento in parallelo delle tre resistenze singole tra i punti A e B.

Tre resistenze collegate in parallelo

Tre resistenze collegate in parallelo

Osservate ora nuovamente la fig. 48. Abbiamo qui un circuito d'acqua con una resistenza. Naturalmente la corrente d'acqua ha la medesima intensità in ogni punto della conduttura; la portata è la medesima sia prima che dopo l'ostacolo; è precisamente la portata che la resistenza lascia passare. Per un circuito senza diramazioni vale quindi la seguente legge:

In un circuito senza diramazioni l'intensità di corrente è uguale in tutti i punti.

Come stanno invece le cose in un circuito con diramazioni?

Osservate ora la fig. 50. Tra i punti A e B la corrente d'acqua è divisa in vari rami. Essa scorre in tre tubazioni differenti, ma si riunisce di nuovo nel punto B. Basta una semplice riflessione per trovare la giusta risposta alla domanda che abbiamo appena fatta.

È evidente che nel tubo R_1 passerà una quantità d'acqua diversa da quella che scorre per esempio nel punto C della tubazione principale; e così pure ci saranno correnti ancora diverse nelle tubazioni R_2 ed R_3. Solo nel caso che le resistenze R_1, R_2 e R_3 dei tre rami siano uguali fra loro, le tre correnti avranno la medesima intensità. Oltre a ciò vi convincerete facilmente che le tre correnti dei singoli rami, sommate assieme, devono equivalere esattamente alla corrente nel punto C, poichè la portata complessiva dell'acqua non può in alcun punto essere minore o maggiore.

Riportiamo questi ragionamenti al circuito elettrico ramificato visibile nella fig. 49. La corrente erogata dalla batteria scorre nella linea fino al punto A, si dirama, attraversa le tre resistenze R_1, R_2 ed R_3, si riunisce nuovamente nel punto B e ritorna alla batteria. Non importa quali siano i valori delle resistenze R_1 R_2 ed R_3: la somma delle correnti che attraversano queste tre resistenze è sempre uguale alla corrente che passa nella conduttura principale, sia prima che dopo le resistenze.

Designando con I la corrente nella linea principale, con i_1, i_2 e i_3 le correnti parziali, otteniamo la seguente formula:

$$\boxed{I = i_1 + i_2 + i_3} \qquad \text{(Formula 9)}$$

La legge rappresentata da questa formula, chiamata «prima legge di Kirchhoff» in onore dello scienziato che per primo la espresse, o anche «legge dei nodi» perchè riguarda i nodi, cioè le diramazioni nei circuiti, dice:

La somma delle intensità delle correnti parziali che defluiscono da un nodo è uguale all'intensità della corrente che vi affluisce, e viceversa la somma delle intensità delle correnti parziali affluenti ad un nodo è uguale all'intensità della corrente che ne defluisce.

In termini più brevi: *La corrente complessiva è uguale alla somma delle correnti parziali.*

Problema: Qual'è l'intensità di corrente nella conduttura principale, se nelle resistenze R_1, R_2 e R_3 scorrono le correnti $i_1 = 2$ ampère, $i_2 = 3$ ampère e $i_3 = 5$ ampère?

Soluzione: In base alla prima legge di Kirchhoff sommiamo le correnti parziali e otteniamo il risultato:

$$I = i_1 + i_2 + i_3 = 2 + 3 + 5 = \textit{10 ampère.}$$

Veniamo all'utilizzazione pratica delle nozioni ora acquisite. Avevamo calcolato in precedenza le intensità delle correnti i_1, i_2 e i_3 per il circuito della fig. 49, servendoci della legge di Ohm. Per la corrente complessiva vale naturalmente sempre la legge $I = \frac{V}{R}$ dove R è la resistenza complessiva, risultante dalla connessione in parallelo delle tre resistenze R_1, R_2 e R_3. Per la legge di Kirchhoff, è: $I = i_1 + i_2 + i_3$.
Inseriamo ora in questa equazione i valori delle intensità delle correnti, che otteniamo dalla legge di Ohm come quozienti della tensione divisa per la resistenza. Abbiamo:

$$\frac{V}{R} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

Ciascun termine di questa equazione è divisibile per V, e giungiamo in tal modo alla formula definitiva che dà la resistenza risultante da tre o più resistenze collegate in parallelo:

$$\boxed{\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots} \qquad \text{(Formula 10)}$$

La formula si semplifica ulteriormente se si designa l'espressione $\frac{1}{R}$ come conduttanza G della resistenza. Più elevata è la resistenza R, e peggio essa conduce la corrente, e quindi tanto più bassa è la sua conduttanza G. Poichè R si misura in ohm, la conduttanza $G = \frac{1}{R}$ va misurata in $\frac{1}{\text{ohm}}$ = « siemens ».

L'unità di misura della conduttanza si chiama « siemens » (leggi simens) in onore dell'inventore germanico Werner von Siemens, ed è il reciproco dell'ohm, come la conduttanza è il reciproco della resistenza. Nei paesi anglosassoni invece l'unità di misura della conduttanza non si chiama « siemens »: si usa il termine « mho », che è la parola « ohm » capovolta.

Le conduttanze delle tre resistenze sono quindi: $G_1 = \frac{1}{R_1}$; $G_2 = \frac{1}{R_2}$; $G_3 = \frac{1}{R_3}$

Dall'equazione $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots$ si ottiene, per la conduttanza complessiva di tre o più resistenze collegate in parallelo:

$$\boxed{G = G_1 + G_2 + G_3 + \ldots} \qquad \text{(Formula 11)}$$

Per il collegamento in parallelo di resistenze si ha quindi:

La conduttanza complessiva equivale alla somma delle conduttanze singole.

Quando le resistenze collegate in parallelo sono due, l'equazione diventa:

$G = G_1 + G_2$ oppure: $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

Naturalmente queste relazioni non valgono soltanto per 2 o 3 rami collegati in parallelo, bensì per un numero qualsiasi di rami. Per esempio per quattro rami in parallelo abbiamo:

$$G = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 \quad \text{ossia:} \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

Ancora un esempio:

Problema: Tre resistenze $R_1 = 2$ ohm, $R_2 = 5$ ohm, $R_3 = 10$ ohm sono collegate in paralleio; qual'è il valore della resistenza complessiva R?

Soluzione: Le singole conduttanze sono:

$G_1 = \frac{1}{R_1} = \frac{1}{2} = 0{,}5$ siemens $\qquad G_2 = \frac{1}{R_2} = \frac{1}{5} = 0{,}2$ siemens $\qquad G_3 = \frac{1}{R_3} = \frac{1}{10} = 0{,}1$ siemens

Conduttanza complessiva: $G = G_1 + G_2 + G_3 = 0{,}5 = 0{,}2 + 0{,}1 = 0{,}8$ siemens.

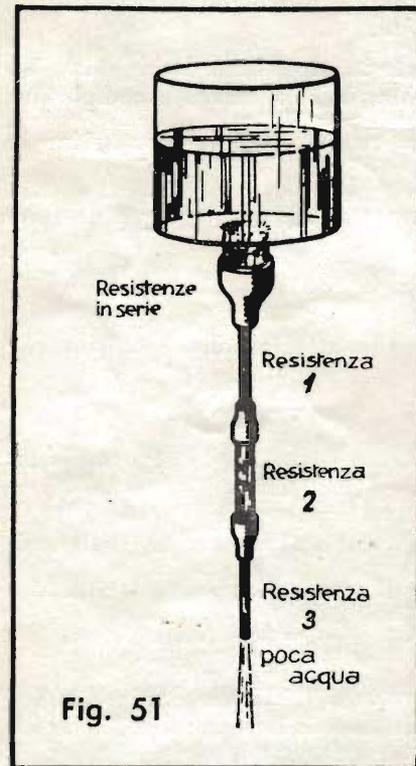
Resistenza complessiva: $R = \frac{1}{G} = \frac{1}{0{,}8} = $ *1,25 ohm.*

Il risultato del problema ora svolto dimostra una proprietà che va sempre tenuta presente:

Nel collegamento in parallelo di più rami, la resistenza complessiva è sempre inferiore alla più piccola delle resistenze singole.

Il collegamento in serie

Nella fig. 51 si vede una conduttura d'acqua nella quale sono collegate « in serie » tre resistenze; la corrente d'acqua deve quindi superare dapprima la resistenza 1 poi la resistenza 2, infine la resistenza 3. Essa attraversa quindi successivamente i tre ostacoli. Naturalmente ciò provocherà un indebolimento della corrente, per cui la quantità dell'acqua uscente rimarrà diminuita. Nella fig. 52 è rappresentata una disposizione simile, nella quale però l'acqua circola in un circuito chiuso. Per la portata dell'acqua vale quanto si è detto prima: la corrente deve superare successivamente tre resistenze, e rimane quindi indebolita. La portata sarà necessariamente limitata.

Fig. 51

Riportiamo quanto abbiamo visto ora alle condizioni elettriche. Nella fig. 53 è rappresentato un circuito elettrico contenente tre resistenze R_1, R_2 ed R_3, collegate in serie tra di loro.

Supponiamo di conoscere il valore delle tre resistenze singole; il valore della resistenza complessiva non è però noto.

Indicheremo ora il procedimento da seguire per determinare questa resistenza complessiva. In questo circuito, che non possiede diramazioni, l'intensità di corrente è uguale in tutti i punti, cioè tanto nelle linee partenti dalla batteria, quanto nelle resistenze stesse. Il suo valore sia I. Qual'è invece la tensione nel circuito? Supposto che le linee di connessione alla batteria non abbiano resistenza propria, la tensione tra i punti A e D equivale naturalmente alla tensione V della batteria. Non ci sono ancora note le tensioni esistenti tra i punti A e B, B e C, C e D; però le chiameremo rispettivamente v_1, v_2 e v_3. È chiaro che la tensione complessiva V non è altro che la somma delle tensioni parziali, e cioè:

$$V = v_1 + v_2 + v_3 \qquad \text{. . . . . . (Formula 12-a)}$$

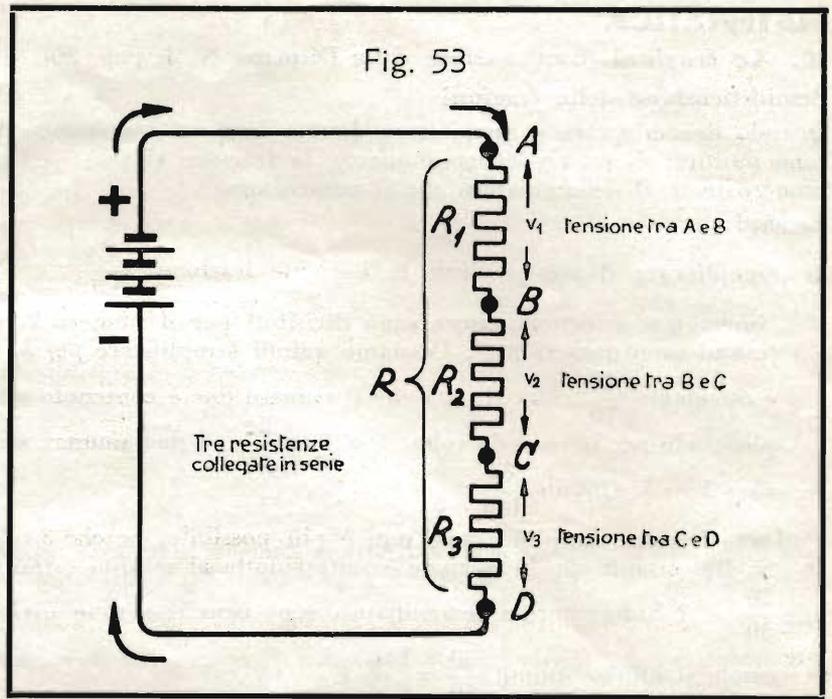
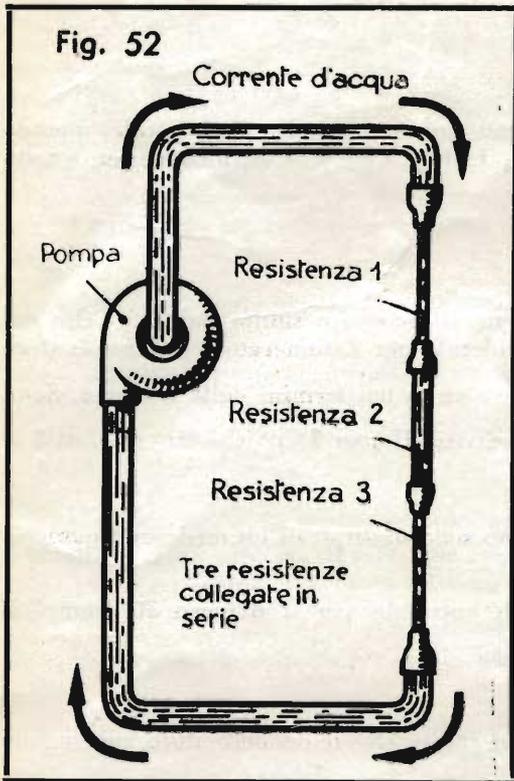
Questa formula costituisce la « seconda legge di Kirchoff »:

La somma delle singole tensioni esistenti ai capi di più resistenze collegate in serie tra loro è uguale alla tensione complessiva.

Problema: Le resistenze $R_1 = 8$ ohm, $R_2 = 12$ ohm ed $R_3 = 30$ ohm sono collegate in serie ed attraversate dalla corrente I = 3 ampère. Qual'è il valore delle tensioni parziali v_1, v_2 e v_3 e della tensione complessiva V?

Soluzione: In base alla legge di ohm abbiamo:

$v_1 = R_1 \cdot I = 8 \cdot 3 = 24$ volt; $\qquad v_2 = R_3 \cdot I = 12 \cdot 3 = 36$ volt;

$v_3 = R_3 \cdot I = 30 \cdot 3 = 90$ volt; $\qquad V = v_1 + v_2 + v_3 = 24 + 36 + 90 = $ *150 volt.*

Per la legge di Ohm è:

$$v_1 = R_1 \cdot I; \quad v_2 = R_2 \cdot I; \quad v_3 = R_3 \cdot I$$

Inoltre vale naturalmente anche la relazione $V = R \cdot I$, dove R significa la resistenza complessiva dei tre rami collegati in serie. Poichè abbiamo constatato che $V = v_1 + v_2 + v_3$, possiamo scrivere:

$$R \cdot I = R_1 \cdot I + R_2 \cdot I + R_3 \cdot I$$

Ciascun termine dell'equazione è divisibile per I; otteniamo così la formula definitiva per la resistenza di tre rami collegati in serie:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots \qquad \text{(Formula 12-b)}$$

Per il collegamento in serie di più resistenze vale quindi:

La resistenza complessiva è uguale alla somma delle resistenze singole.

Nel caso del collegamento in serie di quattro resistenze è quindi:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

Dalla formula (12-b) risulta che la resistenza complessiva è tanto più grande, quanto maggiore è il numero delle singole resistenze collegate in serie. È quindi da ricordare che:

Nel collegamento in serie di più rami, la resistenza complessiva è sempre superiore alla più grande delle resistenze singole.

Problema: Si collegano in serie le resistenze $R_1 = 5$ ohm, $R_2 = 10$ ohm e $R_3 = 20$ ohm. Qual'è la resistenza complessiva?

Soluzione:

$R = R_1 + R_2 + R_3 = 5 + 10 + 20 =$ *35 ohm.*

Per terminare, vogliamo confrontare ancora una volta i due fatti importanti che sono stati messi in chiaro in questo capitolo:

Più resistenze vengono collegate in serie, e più grande diventa la resistenza complessiva.
Più resistenze vengono collegate in parallelo e più piccola diventa la resistenza complessiva.

Risposte alle domande di pag. 12

1. Una corrente alternata d'acqua inverte continuamente la direzione, mentre una corrente continua d'acqua scorre sempre nella medesima direzione.
2. La frequenza delle nostre reti a corrente alternata per illuminazione è generalmente 50 hertz (in molte città è ancora 42 o 45 Hz).
3. Per ridurre una tensione di rete di 110 o 220 volt ad una tensione inferiore, per esempio 6 volt, ci si serve di un cosiddetto « trasformatore ».
4. La direzione delle linee di forza attorno a un conduttore percorso da corrente corrisponde al senso di rotazione delle lancette di un orologio. La direzione dello sguardo deve però corrispondere alla direzione della corrente nel conduttore.
5. La forza di un elettromagnete dipende dalla sua forza magnetomotrice (numero di ampère-spire).
6. Chiudendo o aprendo un circuito elettrico si induce una tensione in un circuito adiacente.

MATEMATICA

10. Le frazioni (continuazione dalla Dispensa N. 4, pag. 20).

Semplificazione delle frazioni

Quando denominatore e numeratore di una frazione contengono il medesimo numero (in altre parole, quando sono multipli di un medesimo numero), la frazione si può « s e m p l i f i c a r e », dividendo per questo numero tanto il denominatore che il numeratore:

Esempi:

1. Semplificare il più possibile la seguente frazione: $\frac{84}{140}$

   Numeratore e denominatore sono divisibili per il numero 2, il che si riconosce subito dal fatto che entrambi sono numeri pari. Possiamo quindi semplificare per 2, dividendo per 2 numeratore e denominatore e otteniamo $\frac{42}{70}$. Ora si nota che il numero due è contenuto un'altra volta nei termini della frazione. Semplificando per la seconda volta, si ottiene $\frac{21}{35}$. I due numeri sono divisibili per 7, poichè 21 : 7 = 3 e 35 : 7 = 5. Quindi $\frac{84}{140} = \frac{3}{5}$

   Una ulteriore semplificazione non è più possibile, perchè 3 e 5 non sono multipli di un medesimo numero. Si dice quindi che la frazione è stata ridotta ai minimi termini.

2. $\frac{50}{50}$ = ? Numeratore e denominatore sono uguali; e sono divisibili entrambi per il numero 50. Semplificando si ottiene quindi $\frac{50}{50} = \frac{1}{1} = 1$.

3. $\frac{a}{a}$ = ? È il medesimo problema come nell'esempio 2. Sia il numeratore che il denominatore contengono una volta il numero a. La soluzione è quindi $\frac{a}{a} = \frac{1}{1} = 1$.

4. $\frac{a^2}{a}$ = ? Com'è noto, $a_2 = a \cdot a$. Numeratore e denominatore contengono quindi il numero a, per il quale possiamo dividere. Dividendo $a \cdot a$ per il numero a si ottiene naturalmente a (infatti dividendo per esempio 6 · 6 per 6, ossia 36 diviso per 6, si ottiene 6. Dividendo invece per a il denominatore si ottiene 1. La soluzione è quindi:
   $$\frac{a^2}{a} = \frac{a}{1} = a$$

5. $\frac{6 \cdot a \cdot a \cdot b^2}{8 \cdot a \cdot b \cdot c}$ = ? Nei numeri 6 e 8 è contenuto il numero 2.

   $\frac{3 \cdot \cancel{6} \cdot a \cdot b^2}{4 \cdot \cancel{8} \cdot a \cdot b \cdot c}$. Inoltre si può semplificare per a, contenuto in entrambi i termini. Si ottiene quindi

   $\frac{3 \cdot 1\cancel{a} \cdot b^2}{4 \cdot 1\cancel{a} \cdot b \cdot c}$ Il numero 1 non ha importanza, poichè moltiplica delle altre grandezze. Infatti è noto che 4 · 1 = 4. Scriviamo quindi: $\frac{3 \cdot b^2}{4 \cdot b \cdot c}$. Ora abbiamo nel numeratore b^2 e nel denominatore b; esattamente come nell'esempio 4, si può quindi semplificare per b. Si ottiene quindi: $\frac{3 \cdot b\cancel{b^2}}{4 \cdot {}^1\cancel{b} \cdot c} = \frac{3 \cdot b}{4 \cdot c}$

   Nel calcolo letterale, come è noto, è inutile usare il segno di moltiplicazione. Il risultato può quindi venir scritto nella seguente forma: $\frac{3\,b}{4\,c}$

   Nel seguente esempio il segno di moltiplicazione è tralasciato.

6. $$\frac{36\,a\,x^2\,y}{54\,b\,x\,y^2} = \frac{36\,a\,x\,x\,y}{54\,b\,x\,y\,y} = \frac{4 \cdot \cancel{36}\,a\,x\,x\,y}{6 \cdot \cancel{54}\,b\,x\,y\,y} = \frac{2 \cdot \cancel{4}\,a\,x\,x\,y}{3 \cdot \cancel{6}\,b\,x\,y\,y} = \frac{2\,a\,\cancel{x}\,x\,\cancel{y}}{3\,b\,\cancel{x}\,y\,\cancel{y}} = \frac{2\,a\,x}{3\,b\,y}$$

Trasformazione delle frazioni.

La semplificazione delle frazioni, ora menzionata, è una cosiddetta « trasformazione »: cambia la « f o r m a », ma il valore della frazione rimane inalterato. Si può effettuare anche la trasformazione inversa della semplificazione: essa consiste nel moltiplicare sia il numeratore che il denominatore col medesimo numero. Per esempio trasformando la frazione $\frac{3}{5}$ mediante moltiplicazione del numeratore e del denominatore per 7 si ottiene $\frac{3 \cdot 7}{5 \cdot 7} = \frac{21}{35}$

Esempi:

1. Trasformare la frazione $\frac{2}{3}$ moltiplicando i due termini per 3: $\frac{2 \cdot 3}{3 \cdot 3} = \frac{6}{9}$

2. Trasformare la frazione $\frac{1}{2}$ moltiplicando con 25: $\frac{1 \cdot 25}{2 \cdot 25} = \frac{25}{50}$

3. Trasformare la frazione $\frac{2\,a}{3\,b}$ moltiplicando con c: $\underline{\frac{2\,a\,c}{3\,b\,c}}$.

4. Trasformare la frazione $\frac{3\,b}{c}$ moltiplicando con b: $\frac{3\,b\,b}{c\,b} = \underline{\frac{3\,b^2}{c\,b}}$

Moltiplicazione delle frazioni

Volendo moltiplicare una frazione per un numero intero, bisogna moltiplicare il numeratore della frazione con questo numero; quindi solo il numeratore e non il denominatore.

Per esempio si voglia moltiplicare la frazione $\frac{2}{7} \cdot 3 = ?$ Si moltiplichi il numeratore per 3: $\frac{2 \cdot 3}{7} = \frac{6}{7}$. Lo stesso risultato si ottiene quando si vuole moltiplicare la frazione $\frac{3}{7}$ per 2: $\frac{3}{7} \cdot 2 = \frac{3 \cdot 2}{7} = \frac{6}{7}$.

È quindi sempre la stessa cosa, che si scriva: $\frac{2}{7} \cdot 3$ oppure $\frac{3}{7} \cdot 2$ oppure $3 \cdot \frac{2}{7}$ oppure $2 \cdot \frac{3}{7}$ oppure $\frac{3 \cdot 2}{7}$ oppure $\frac{2 \cdot 3}{7}$

Volendo moltiplicare fra di loro due frazioni, si scrive una frazione che ha per numeratore il prodotto dei due numeratori, e per denominatore il prodotto dei due denominatori.

Si voglia per esempio moltiplicare la frazione $\frac{2}{3}$ con la frazione $\frac{5}{11}$; bisogna moltiplicare $2 \cdot 5$ per ottenere il numeratore del risultato, e $3 \cdot 11$ per ottenere il denominatore: $\frac{2}{3} \cdot \frac{5}{11} = \frac{2 \cdot 5}{3 \cdot 11} = \underline{\frac{10}{33}}$

Esempi:

1) $\frac{2}{9} \cdot 4 = \frac{2 \cdot 4}{9} = \frac{8}{9}$ 2) $\frac{2\,b}{a} \cdot c = \frac{2\,b\,c}{a}$ 3) $\frac{2\,a\,b}{c} \cdot c = \frac{2\,a\,b\,c}{c} = \frac{2\,a\,b\,\not{c}}{\not{c}} = 2\,a\,b$; 4) $\frac{3}{4} \cdot \frac{3}{7} = \frac{3 \cdot 3}{4 \cdot 7} = \underline{\frac{9}{28}}$

Divisione delle frazioni

Volendo dividere una frazione per un numero intero, bisogna moltiplicare il denominatore della frazione per questo numero.

Si voglia per esempio dividere la frazione $\frac{3}{8}$ per 2. Si deve moltiplicare per 2 il denominatore, quindi il numero 8: $\frac{3}{8} : 2 = \frac{3}{8 \cdot 2} = \underline{\frac{3}{16}}$.

Volendo dividere un numero intiero o una frazione per un'altra frazione bisogna capovolgere questa ultima ed eseguire la moltiplicazione con questa frazione cosiddetta «reciproca».

Si voglia per esempio dividere il numero 10 per la frazione $\frac{2}{3}$.

La frazione reciproca di $\frac{2}{3}$ è $\frac{3}{2}$, e moltiplicando con essa abbiamo: $10 : \frac{2}{3} = 10 \cdot \frac{3}{2} = \frac{10 \cdot 3}{2} = \frac{30}{2} = 15.$

E così pure si effettua la divisione di una frazione per un'altra: $\frac{3}{5} : \frac{2}{3} = \frac{3}{5} \cdot \frac{3}{2} = \frac{3 \cdot 3}{5 \cdot 2} = \underline{\frac{9}{10}}$.

Esempi:

1) $\frac{6}{7} : 5 = \frac{6}{7 \cdot 5} = \underline{\frac{6}{35}}$ 2) $\frac{4}{5} : 2 = \frac{4}{5 \cdot 2} = \frac{4}{10} = \underline{\frac{2}{5}}$ 3) $\frac{a}{b} : x = \underline{\frac{a}{b\,x}}$ 4) $9 : \frac{1}{2} = 9 \cdot \frac{2}{1} = 9 \cdot 2 = \underline{18.}$

Consigliamo di non proseguire prima di aver effettuato un sufficiente esercizio nel calcolo delle frazioni. La trasformazione delle frazioni è facile da comprendere; è necessario però possedere anche una sufficiente padronanza della moltiplicazione e della divisione delle frazioni. Ecco per esempio alcuni esercizi.

Esercizi:

1. Trasformare: $\frac{7\,a\,b}{4\,c}$ moltiplicando i termini per 4.
2. Moltiplicare: $\frac{14\,x\,y}{35\,a\,b} \cdot \frac{2\,b\,x}{a\,y}$.
3. Dividere: $\frac{28\,b\,z}{3\,m\,n} : 2$.
4. Dividere: $\frac{17\,x\,y}{4\,a\,c} : \frac{5\,y\,z}{2\,b\,c}$

11. La radice quadrata

L'estrazione della radice quadrata è l'operazione inversa dell'elevazione alla seconda potenza (elevazione al quadrato) allo stesso modo come la sottrazione è l'operazione inversa dell'addizione. Se per esempio si vuole calcolare la potenza 5^2, si ha: $5 \cdot 5 = 25$.

L'operazione inversa procede invece così:

È dato il numero 25, del quale si vuole estrarre la radice quadrata. La soluzione è: radice di 25 = 5. Infatti $5 \cdot 5 = 25$.

« Estrarre la radica quadrata di 25 » significa quindi: trovare il numero che, moltiplicato per se stesso, dà 25. In luogo delle parole « radice quadrata di » si scrive semplicemente il segno $\sqrt{\ }$. Nel nostro esempio: $\sqrt{25} = 5$.

Esempi: $\sqrt{16} = 4$; $\sqrt{36} = 6$; $\sqrt{49} = 7$; $\sqrt{144} = 12$.

È sempre facile controllare l'esattezza dell'estrazione di una radice. Basta eseguire la moltiplicazione della radice per se stessa e vedere se si ottiene il « radicando ».

Per esempio deve essere $12 \cdot 12 = 144$. Ci occuperemo in seguito, in occasione della trattazione dei logaritmi, del metodo per l'estrazione delle radici. Generalmente ci si serve di apposite tabelle, come quella riportata in fondo a questa Dispensa pag. 25. Con l'aiuto di questa tabella è possibile risolvere dei semplici problemi per esempio: $\sqrt{18} = ?$ Si cerca nella colonna contrassegnata con « Numero » il numero 18 e a destra di esso si legge, nella colonna contrassegnata con « radice », la radice, cioè 4,243. Per il calcolo delle radici quadrate è utile anche il regolo calcolatore. (Vedasi il nostro piccolo corso sul Regolo calcolatore. Si richieda il programma d'insegnamento).

Per ottenere la necessaria facilità nell'elevazione a potenza e nell'estrazione della radice quadrata, risolvete senza aiuti gli esercizi seguenti, verificando poi i risultati ottenuti con le soluzioni a pag. 24.

Esercizi:

1) $a \cdot a \cdot a = ?$ 2) $2a \cdot a = ?$ 3) $3b \cdot 2a \cdot 3b = ?$ 4) $3^3 = ?$

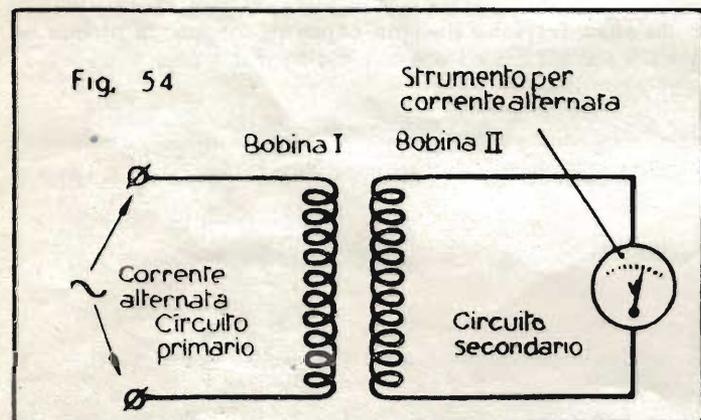
5) $11^2 = ?$ 6) $\sqrt{9} = ?$ 7) $\sqrt{30} = ?$ 8) $\sqrt{240} = ?$

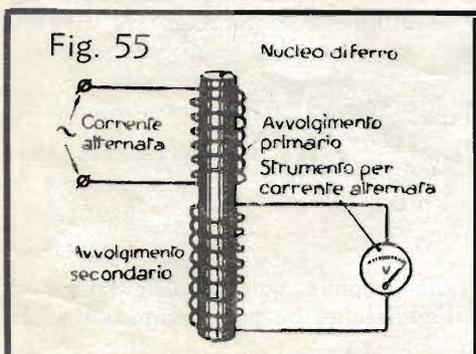
ELETTROTECNICA GENERALE

I trasformatori

Tanto in telefonia quanto in radiotecnica, i trasformatori sono assai importanti; è necessario quindi che venga spiegato che cosa essi sono e come lavorano.

Abbiamo già visto che due circuiti elettrici adiacenti comprendenti ognuno una bobina si influenzano a vicenda; aprendo e chiudendo uno di essi, oppure aumentando e diminuendo la corrente nell'uno, viene indotta nell'altro una cosiddetta « forza elettromotrice », cioè una tensione, che provocava il flusso di una corrente nel secondo circuito.

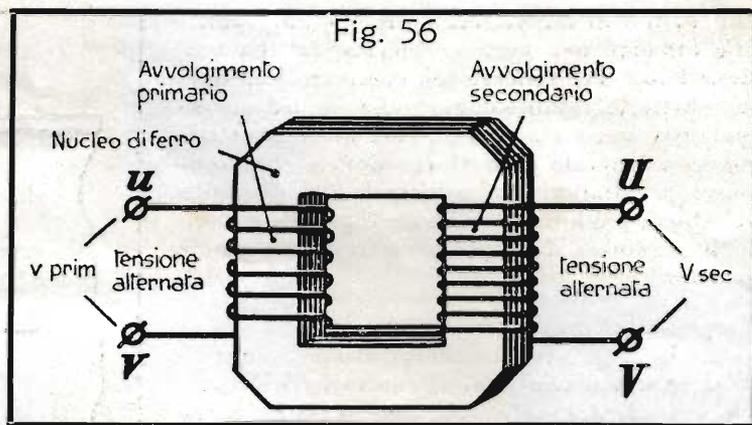
Nelle esperienze descritte sull'« induzione mutua », la corrente che veniva fatta scorrere nel circuito primario, per essere poi interrotta oppure aumentata o diminuita, era una c o r r e n t e c o n t i n u a .

Se invece il circuito primario viene percorso da una c o r r e n t e a l t e r n a t a , in luogo della corrente continua, il fenomeno dell'induzione nel circuito secondario si presenterà anche senza attuare appositamente delle interruzioni o delle modifiche di intensità di corrente. Infatti l'intensità della corrente alternata oscilla continuamente tra zero ed un valore massimo, ora positivo, ora negativo.

La corrente alternata provvede quindi da sola a fare ciò che, nel caso della corrente continua, dobbiamo fare noi artificialmente. Ciò premesso, è pressochè evidente che una corrente alternata nel circuito primario non può indurre nel circuito secondario altro che una tensione alternata, e conseguentemente una corrente alternata della medesima frequenza.

Costruendo quindi un dispositivo sperimentale conforme alla fig. 54 e inserendo nel circuito secondario uno strumento di misura per corrente alternata, questo presenterà una deviazione costante quando circola corrente alternata nel primario.

Rammentiamo che l'effetto d'induzione nel circuito secondario è tanto maggiore, quanto più vicine sono le bobine dei due circuiti. Il campo magnetico che si sviluppa attorno alla bobina primaria I diviene sempre più debole, più ci allontaniamo da essa; la bobina secondaria II viene quindi attraversata da un campo tanto più intenso, quanto più essa viene avvicinata alla bobina I.

Se le bobine primaria e secondaria vengono avvolte su un nucleo di ferro, come mostrato nella fig. 55, si otterrà un effetto assai favorevole perchè il ferro conduce le linee di forza meglio dell'aria; la più completa concatenazione della bobina secondaria con le linee di forza prodotte dalla bobina primaria si otterrà però avvolgendo direttamente una bobina sull'altra.

In determinate condizioni le linee di forza si possono ancor meglio tener riunite, usando un nucleo ferroso « chiuso ». D'altronde il nucleo, sia detto per inciso, non è costituito da un solo pezzo di ferro, ma da molti singoli pezzi di lamiera (« lamierini »), presentando questa disposizione vari vantaggi. Il materiale usato è una lega speciale di ferro; la lamiera si trova in commercio sotto la designazione « lamierino magnetico per trasformatori ».

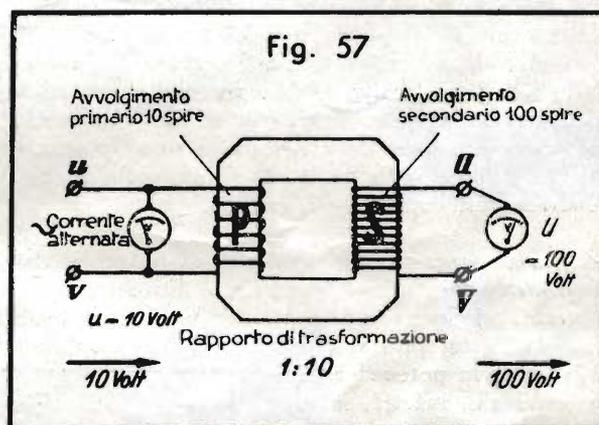
La fig. 56 rappresenta un dispositivo sperimentale con nucleo chiuso costituito da vari lamierini; questo dispositivo si chiama in elettrotecnica «trasformatore».

Rapporto di trasformazione

Vogliamo seguire ora sulla fig. 57 lo svolgimento di alcuni esperimenti, per i quali servirà il trasformatore ora descritto. Avvolgiamo su una delle gambe del nucleo 10 spire (l'avvolgimento primario) e sull'altra gamba 100 spire (il secondario). Colleghiamo poi ai capi U e V del secondario un voltmetro per corrente alternata. (Ricordiamo a questo punto che non tutti gli strumenti di misura sono adatti per la corrente alternata; è utilizzabile p. es. lo strumento a ferro mobile).

Infine colleghiamo i morsetti *u* e *v* del primario ad una sorgente di corrente alternata, che eroghi una tensione p. es. di 10 volt, e controlliamo anche questa tensione mediante un secondo voltmetro per corrente alternata.

Non appena nel primario scorre la corrente alternata alla tensione di 10 volt, anche il voltmetro allacciato ai morsetti U e V del secondario segna una tensione, la quale è notevolmente più elevata della tensione primaria: misura infatti 100 volt.

Il rapporto fra la tensione primaria e quella secondaria (così si chiamano le tensioni che si misurano rispettivamente ai capi dell'avvolgimento primario e di quello secondario) è uguale al rapporto fra il numero delle spire dei due avvolgimenti. Nel primario abbiamo infatti 10 spire e nel secondario 100 spire, quindi rapporto 1 : 10; per le tensioni abbiamo applicato 10 volt al primario e otteniamo 100 volt al secondario quindi pure rapporto 1 : 10.

Il rapporto fra tensione primaria e tensione secondaria dipende dunque dal rapporto fra i numeri di spire dei due avvolgimenti; questo rapporto si chiama «rapporto di trasformazione»; nel nostro caso equivale a 1 : 10 (leggi 1 a 10). Abbiamo la seguente importante formula:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{w_1}{w_2} \qquad \text{. . . . . . . (Formula 13)}$$

dove: V_1 indica la tensione primaria, V_2 la tensione secondaria, w_1 il numero delle spire primario, w_2 il numero delle spire secondario.

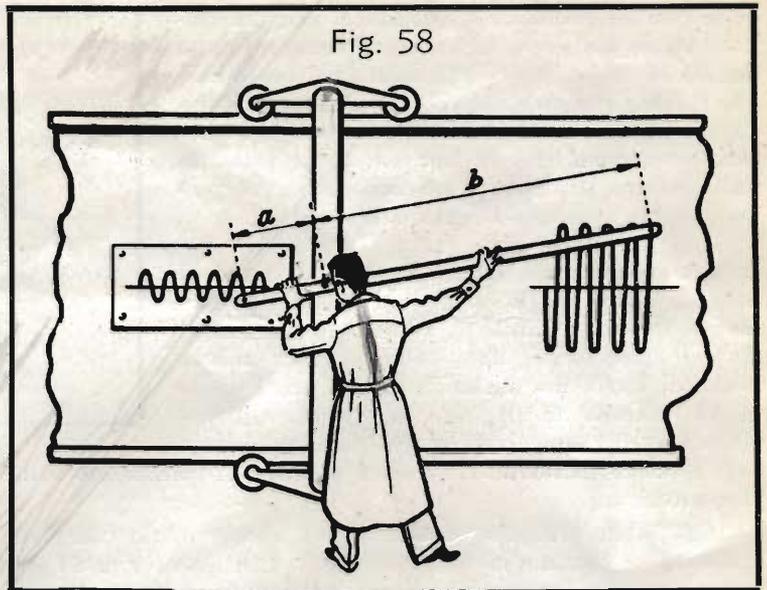
Generalmente si indica sempre come rapporto di un trasformatore il rapporto del numero più grande di spire a quello più piccolo, indipendentemente dal fatto se questo costituisca l'avvolgimento primario o secondario. Quindi per il caso della fig. 57 il rapporto di trasformazione *r* è:

$$r = \frac{V_1}{V_2} = \frac{w_1}{w_2} = \frac{100}{10} = 10.$$

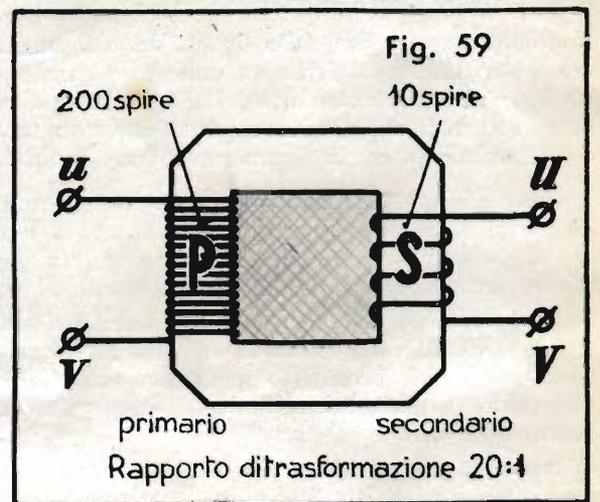
Secondo questa regola, il rapporto è sempre maggiore o uguale a 1.

Ed ora un secondo esperimento! Avvolgiamo sulle gambe del trasformatore 100 spire primarie e 200 secondarie. Otteniamo quindi il rapporto 2 : 1 = 2; applicando 100 volt al primario, si ottengono 200 volt al secondario. Applicando invece al primario 10 volt si ottengono 20 volt al secondario; con 1 volt primario si ottengono 2 volt secondari, e così via.

Con l'aiuto di un trasformatore è quindi possibile ottenere una tensione elevata da una tensione bassa. Per rendere più comprensibile questo effetto, è rappresentato nella fig. 58 un dispositivo m e c c a n i c o, nel quale pure esiste un « rapporto di trasformazione » che costituisce la caratteristica principale del dispositivo. Quando il braccio di leva *a* è piccolo e quello *b* è grande, il rapporto di trasformazione è grande.

Fig. 58

Torniamo al trasformatore. Avvolgendo, come nella fig. 59, 200 spire al primario e solo 10 spire al secondario (cioè il contrario dell'esempio precedente), si otterrà una tensione corrispondentemente m i n o r e al secondario. Se per esempio il primario di questo trasformatore venisse alimentato con una tensione alternata di 100 volt, si otterrebbe al secondario solamente 5 volt, poichè il rapporto ammonta in questo caso a 20 : 1.

Le condizioni esistenti in un trasformatore con 10 spire primarie e 100 spire secondarie corrispondono al dispositivo meccanico rappresentato nella fig. 60; invece un trasformatore con 100 spire primarie e 10 secondarie è da paragonare al dispositivo della fig. 61.

Fig. 59

L'uomo nella fig. 60 non ha nessuna difficoltà a sollevare il pesante masso di pietra, poichè ha disposta la leva in modo da fruire di un rapporto particolarmente favorevole. L'uomo della fig. 61 deve invece faticare molto per smuovere il masso; tuttavia dispone anch'egli di un vantaggio, perchè per sollevare il masso deve compiere uno spostamento minimo, mentre l'uomo della fig. 60 per smuoverlo anche di poco deve compiere un grande spostamento.

Se questi paragoni sono corretti, si potrebbe definire un trasformatore una « leva elettrica ». Come nella leva, vantaggi e svantaggi sono equilibrati fra loro, nel senso che guadagnando da un lato si perde dall'altro; la potenza addotta equivale infatti sempre alla potenza resa; questa è una antichissima legge di natura.

Fig. 60

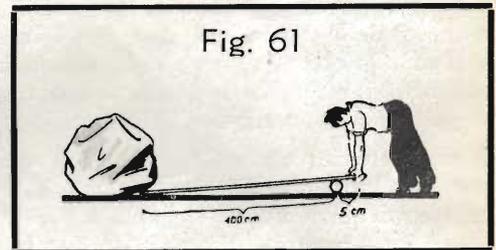
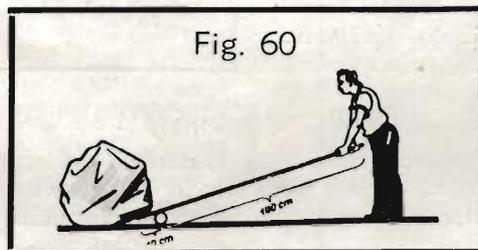
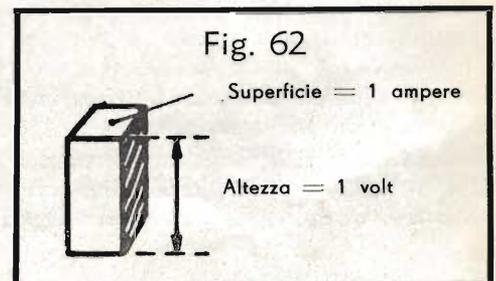
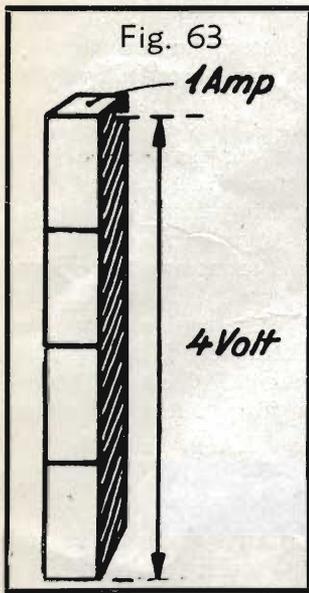
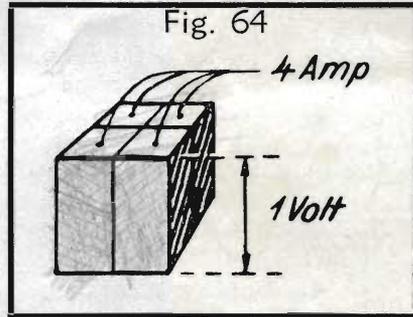
Fig. 61

Nel trasformatore la potenza primaria è dunque sempre uguale a quella secondaria, a prescindere dalle piccole perdite che si manifestano.
Avviene così che, applicando una piccola tensione al primario e prelevando una tensione elevata dal secondario, si constata che la corrente circolante nel primario è molto intensa mentre quella secondaria è debole. Per il trasformatore della fig. 59 invece è il contrario; qui ci sarà una piccola intensità di corrente nel primario ed una forte intensità di corrente nel secondario.

Fig. 62

Le intensità di corrente stanno quindi fra loro nel rapporto inverso delle tensioni. Dal lato della bassa tensione circola la corrente più intensa, dal lato dell'alta tensione la corrente più debole. Ciò deriva immediatamente dall'uguaglianza delle potenze primaria e secondaria.

$$V_1 \cdot I_1 = V_2 \cdot I_2 \text{ quindi } \frac{I_1}{I_2} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{w_2}{w_1}$$

Nel trasformatore le intensità di corrente stanno fra loro nel rapporto inverso delle tensioni e dei numeri di spire dei due avvolgimenti.

Questa legge si può rappresentare molto bene usando dei cubetti come quello disegnato nella fig. 62. L'altezza del cubetto corrisponde alla tensione di 1 volt; la superficie della base alla corrente di 1 ampère.

Se disponiamo di quattro di questi cubetti possiamo metterli uno sopra l'altro come nella fig. 63 e fare una piccola torre.

L'altezza della torre corrisponde quindi a 4 volt; la base è rimasta quella di un cubetto, ossia 1 ampère.

Gli stessi 4 cubetti si possono però disporre anche in maniera diversa, come è mostrato nella fig. 64. In questo caso abbiamo l'« altezza » di 1 volt, la « base » di 4 ampère. La morale di questo gioco è che con gli stessi mezzi si può costruire una torre alta e sottile oppure una torre bassa e larga. Allo stesso modo è possibile, per mezzo di trasformatori, lavorare con valori differenti di tensioni e di correnti.

Possiamo quindi trasformare una tensione piccola in una tensione grande, riducendo in corrispondenza l'intensità di corrente, oppure possiamo trasformare una tensione elevata in una tensione bassa, guadagnando in intensità della corrente.

Dopo tutte queste importanti e utili spiegazioni possiamo rivolgerci nuovamente alla telefonia.

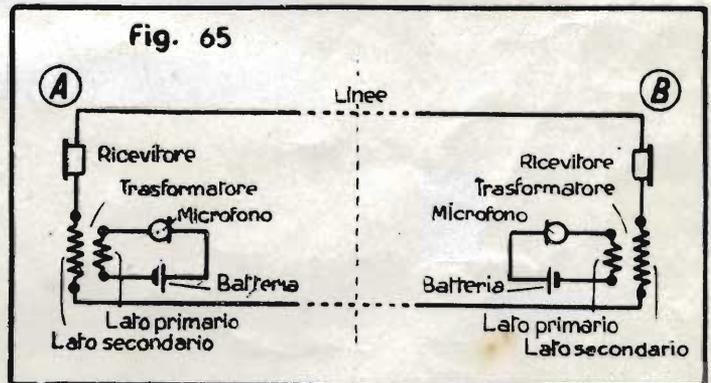
TELEFONIA

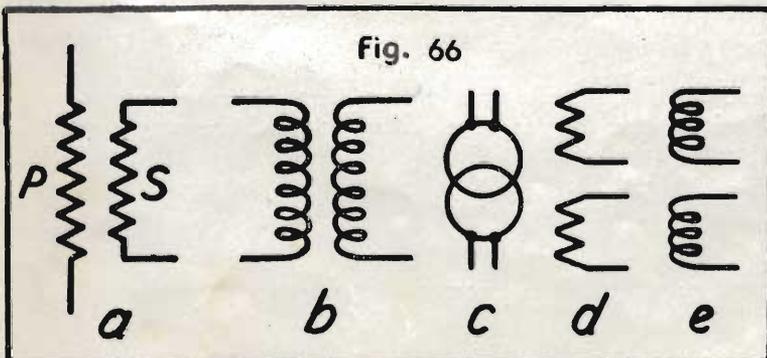
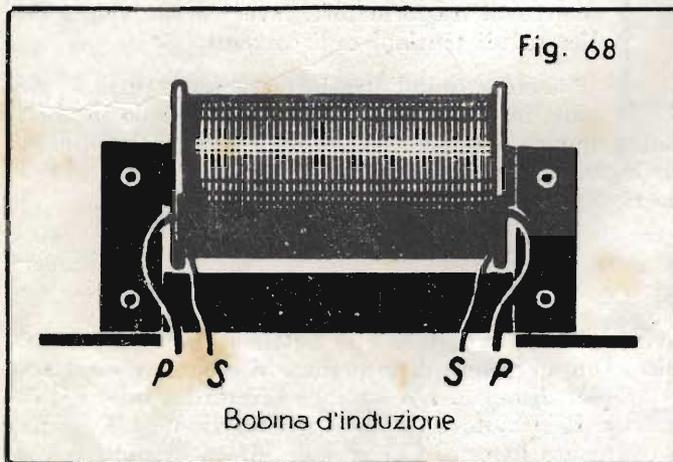
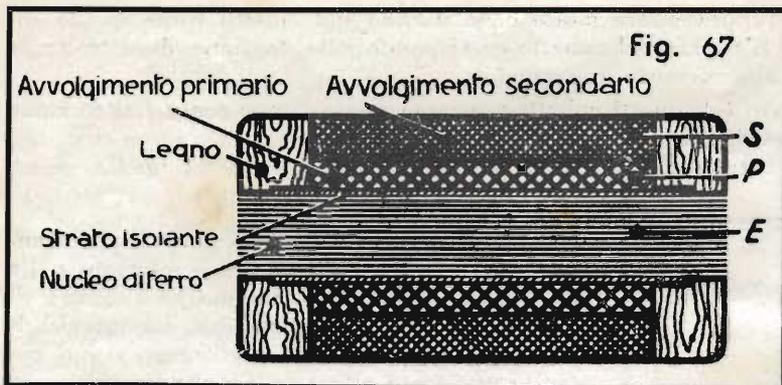
Inserzione diretta e indiretta

Osservate nuovamente lo schema della fig. 45. I due ricevitori, i due microfoni e la batteria vi si trovano collegati in serie; giacciono quindi tutti nel medesimo circuito. Questo genere di inserzione si chiama « diretta »; essa è adatta solo per piccoli impianti telefonici domestici a brevi distanze. L'inserzione diretta ha infatti il difetto che la corrente continua erogata dalla batteria attraversa il ricevitore, il che in determinate circostanze può provocare l'indebolimento del magnete permanente contenuto in esso. Ciò avviene infatti quando la corrente percorre le bobine del ricevitore in senso tale da produrre un campo magnetico opposto a quello del magnete permanente.

Per questa ragione, negli impianti a inserzione diretta si usano sovente ricevitori senza magnete permanente, ammettendo una meno buona qualità della riproduzione; negli impianti maggiori invece, che non sono a inserzione diretta, si usano esclusivamente ricevitori col magnete permanente.

D'altronde l'inserzione diretta influisce sfavorevolmente anche sul funzionamento del microfono. Le variazioni di corrente provocate dai suoni incidenti nel microfono sono infatti tanto maggiori, quanto più elevata è la tensione della batteria, ossia quanto più grande è la resistenza interna del microfono. Poichè però la maggiore resistenza del microfono implica una resistenza maggiore di tutto il circuito, e d'altra parte le batterie più grandi sono più costose, era necessario trovare una possibilità di perfezionamento dell'apparecchio. Essa venne offerta dal trasformatore: il microfono non viene più inserito nel circuito principale, ma viene accoppiato ad esso per mezzo di un trasformatore, come è indicato nella fig. 65.

Con questa disposizione, il circuito telefonico non viene più percorso dalla corrente continua generata dalle batterie; in questo modo si evita l'effetto nocivo della stessa sui magneti permanenti dei ricevitori. I trasformatori servono inoltre ad amplificare le variazioni di tensione nel secondario, riducendo nel contempo l'intensità della corrente. Con ciò si ottiene il vantaggio di poter utilizzare linee di sezione più sottile, che costano quindi meno.

È noto che la sezione delle linee va scelta in base all'intensità della corrente che le percorre; le tensioni elevate a bassa intensità possono invece essere trasmesse anche da fili di sezione assai ridotta; valgono come esempio le linee di alta tensione che trasportano l'energia elettrica a grandi distanze, le quali sono costituite da conduttori di sezione relativamente piccola, perchè, usando tensioni attorno ai 100 000 volt e più, conducono correnti di piccola intensità.

Lo schema rappresentato nella fig. 65 si

chiama « a inserzione indiretta ». Un altro nome da ricordare: i trasformatori usati in telefonia per lo scopo ora descritto vengono chiamati « b o b i n e d ' i n d u z i o n e ».

Nella fig. 66-*a* è riportato un'altra volta il simbolo del trasformatore (o bobina d'induzione); anche i segni mostrati nelle figg. 66-*b* e 66-*c* sono permessi. Indichiamo qui tutte e tre le forme, perchè si riscontrano tanto l'una che l'altra nella letteratura del ramo. Le lettere *p* e *s* segnate nella fig. 66-*a* vengono aggiunte talvolta per distinguere il lato primario dal secondario. Quando i due avvolgimenti sono avvolti su un unico nucleo, si usano sovente anche gli schemi delle figg. 66-*d* o 66-*e*.

La bobina d'induzione

Con l'aiuto della fig. 67 descriviamo ora la bobina di induzione o (trasformatore telefonico). L'esecuzione qui mostrata, che corrisponde a un tipo ormai sorpassato, comprende un nucleo « aperto », formato da numerosi fili di ferro E. Il nucleo è ricoperto con uno strato isolante, che porta l'avvolgimento primario P, costituito da poche spire di grosso filo isolato, mentre l'avvolgimento secondario S è costituito da molte spire di filo sottile.

Le bobine d'induzione moderne posseggono invece un nucleo « chiuso », come nella fig. 68. Tali trasformatori hanno il vantaggio di richiedere un numero assai minore di spire per ottenere il medesimo effetto. Come principio però la formazione dei trasformatori è sempre la stessa: sul nucleo di ferro, convenientemente isolato, è avvolto l'avvolgimento primario, circondato a sua volta da quello secondario.

Domande

1. Qual'è la formula per la conduttanza complessiva e per la resistenza complessiva di resistenze collegate in parallelo?
2. Qual'è la formula per la resistenza complessiva di resistenze collegate in serie?
3. Con quale formula si calcola il rapporto di trasformazione di un trasformatore?
4. Qual'è la differenza tra inserzione « diretta » e inserzione « indiretta » in telefonia?

Soluzione degli esercizi a pag. 19

1. $\frac{28\,a\,b}{16\,c}$; 2. $\frac{^{4}\cancel{28}\,\cancel{b}\,x^2\,\cancel{y}}{^{5}\cancel{35}\,a\,\cancel{b}\,\cancel{y}} = \frac{4\,x^2}{5\,a^2}$; 3. $\frac{^{14}\cancel{28}\,b\,z}{^{3}\cancel{6}\,m\,n} = \frac{14\,b\,z}{3\,m\,n}$; 4. $\frac{^{17}\cancel{34}\,b\,\cancel{c}\,x\,\cancel{y}}{^{10}\cancel{20}\,a\,\cancel{c}\,\cancel{y}\,z} = \frac{17\,b\,x}{10\,a\,z}$

Soluzione degli esercizi a pag. 20

1. a^3; 2. $2\,a^2$; 3. $18\,a\,b^2$; 4. 27; 5. 121; 6. 3; 7. 5,477; 8. 15,492.

Risposte alle domande di pag. 24

1. La formula per la conduttanza complessiva di resistenze collegate in parallelo è: $G = G_1 + G_2 + G_3 + \ldots$, e per la resistenza complessiva:
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots$$
2. La formula per la resistenza complessiva di resistenze collegate in serie è: $R = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots$
3. Il rapporto di un trasformatore si ricava con la formula $\frac{V_1}{V_2} = \frac{w_1}{w_2}$ oppure $\frac{V_2}{V_1} = \frac{w_2}{w_1}$, dove il valore maggiore deve stare nel numeratore.
4. Nell'inserzione « diretta » i ricevitori, i microfoni e la batteria sono collegati in serie in un unico circuito. Nell'inserzione « indiretta » invece i circuiti microfonici sono separati dal circuito telefonico propriamente detto mediante trasformatori (detti bobine d'induzione).

COMPITI

1. Qual'è la durata di un periodo, ossia di un'onda completa, di una corrente alternata di frequenza 50 hertz?

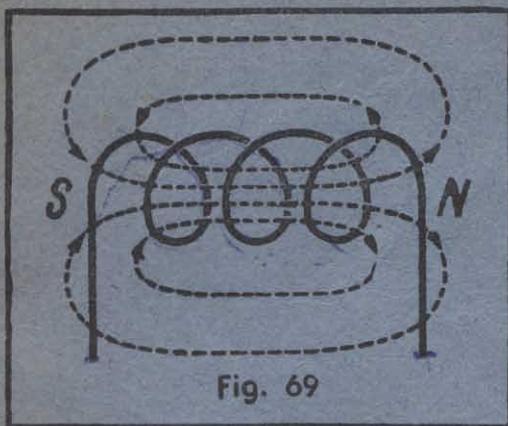



Fig. 69

2. Che cos'è la forza magnetomotrice di una bobina percorsa da corrente, e come si calcola?
3. Quale direzione deve avere la corrente nel solenoide della figura 69, affinchè si formi un campo magnetico con la polarità corrispondente a quella indicata?
4. Che direzione ha la corrente indotta nella bobina secondaria, chiudendo o aumentando come pure aprendo o diminuendo la corrente primaria in una bobina d'induzione?
5. Due resistenze $R_1 = 5$ ohm e $R_2 = 20$ ohm sono collegate in parallelo e allacciate ad una batteria di tensione V. La corrente che passa in R_1 è $i_1 = 8$ ampère. Calcolate la tensione V, la corrente i_2 in R_2, la corrente complessiva I e la resistenza complessiva del collegamento in parallelo. Disegnate lo schema del complesso.
6. Due resistenze $R_1 = 8$ ohm e R_2 sono collegate in serie. Vengono alimentate da una batteria con la tensione complessiva $V = 120$ volt e la corrente I. La caduta di tensione (tensione parziale) in R_1 è $v_1 = 40$ volt. Calcolate I, v_2, R_2 e la resistenza complessiva R. Disegnate lo schema.
7. In un trasformatore, il primario ha 400 spire ed il secondario 2400 spire. Qual'è il rapporto di trasformazione?
8. Riducete ai minimi termini le seguenti frazioni:

a) $\dfrac{64\, a^5\, b\, x^2}{8\, a^2\, b\, x}$ *b)* $\dfrac{56\, m^5\, n^2\, z}{4\, m\, n^3}$ *c)* $\dfrac{119\, l^3\, p^2\, q^5\, z}{14\, p^2\, q\, z}$

Tabella N. 4: **TABELLA DELLE RADICI QUADRATE**

n	√n	n	√n	n	√n	n	√n	n	√n	n	√n	n	√n
1	1,000	31	5,568	61	7,810	91	9,539	310	17,607	610	24,698	910	30,166
2	1,414	32	5,657	62	7,874	92	9,592	320	17,889	620	24,900	920	30,332
3	1,732	33	5,745	63	7,937	93	9,644	330	18,166	630	25,100	930	30,496
4	2,000	34	5,831	64	8,000	94	9,695	340	18,439	640	25,298	940	30,659
5	2,236	35	5,916	65	8,062	95	9,747	350	18,708	650	25,495	950	30,822
6	2,449	36	6,000	66	8,124	96	9,798	360	18,974	660	25,690	960	30,984
7	2,646	37	6,083	67	8,185	97	9,849	370	19,235	670	25,884	970	31,145
8	2,828	38	6,164	68	8,246	98	9,899	380	19,494	680	26,077	980	31,305
9	3,000	39	6,245	69	8,307	99	9,950	390	19,748	690	26,268	990	31,464
10	3,162	40	6,325	70	8,367	100	10,000	400	20,000	700	26,458	1000	31,623
11	3,317	41	6,403	71	8,426	110	10,488	410	20,249	710	26,646	π	1,772
12	3,464	42	6,481	72	8,485	120	10,954	420	20,494	720	26,833		
13	3,606	43	6,557	73	8,544	130	11,402	430	20,736	730	27,019		
14	3,742	44	6,633	74	8,602	140	11,832	440	20,976	740	27,203		
15	3,873	45	6,708	75	8,660	150	12,247	450	21,213	750	27,386		
16	4,000	46	6,782	76	8,718	160	12,649	460	21,448	760	27,568		
17	4,123	47	6,856	77	8,775	170	13,038	470	21,679	770	27,749		
18	4,243	48	6,928	78	8,832	180	13,416	480	21,909	780	27,928		
19	4,359	49	7,000	79	8,888	190	13,784	490	22,136	790	28,107		
20	4,472	50	7,071	80	8,944	200	14,142	500	22,361	800	28,284		
21	4,583	51	7,141	81	9,000	210	14,491	510	22,583	810	28,460		
22	4,690	52	7,211	82	9,055	220	14,832	520	22,804	820	28,636		
23	4,796	53	7,280	83	9,110	230	15,166	530	23,022	830	28,810		
24	4,899	54	7,348	84	9,165	240	15,492	540	23,238	840	28,983		
25	5,000	55	7,416	85	9,220	250	15,811	550	23,452	850	29,155		
26	5,099	56	7,483	86	9,274	260	16,125	560	23,664	860	29,326		
27	5,196	57	7,550	87	9,327	270	16,432	570	23,875	870	29,496		
28	5,292	58	7,616	88	9,381	280	16,733	580	24,083	880	29,665		
29	5,385	59	7,681	89	9,434	290	17,029	590	24,290	890	29,833		
30	5,477	60	7,746	90	9,487	300	17,321	600	24,495	900	30,000		